This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

1986 c. 67

LETTRES
A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE
SUR DIVERS SUJETS
de
PHYSIQUE & de PHILOSOPHIE

TOME TROISIEME

A SAINT PETERSBOURG
de l'Imprimerie de l'Academie Impériale des Sciences
M DCC LXX II.

BODLEIAN LIBRARY
28
APR
1922
OXFORD.

TABLE

DES MATIERES

CONTENUES

dans les lettres du troiſieme Tome

LETTRE CLV. *Sur le fameux problème des longitudes : Déſcription générale de la Terre, de ſon axe, ſes deux poles & l'équateur.* pag : 1

LETTRE CLVI. *De la grandeur de la Terre, des méridiens & du plus court chemin.* pag : 6

LETTRE CLVII. *De la latitude & de l'influence qu'elle a ſur*

les

gitudes.

LETTRE CLIX. *Sur le choix mier méridien.*

LETTRE CLX. *Sur la metho déterminer la latitude lévation du pole.*

LETTRE CLXI. *Premier moye parvenir à la connoi dès longitudes par l'eſti chemin parcouru.*

LETTRE CLXII. *Continuation lettre précedente, & de fauts de cette premiere m*

LETTRE CLXIII. *Deuxieme mé de déterminer les longi par le moyen d'une ho exacte.*

LETTRE CLXIV. *Continuation lettre précedente, & éc ciſſemens ulterieurs.*

LETTRE CLXV. *Les éclipſes d Lune conſiderées comme*

LETTRE CLXVI. *Les observations des éclipses des Satellites de Jupiter donnent une quatrieme méthode pour déterminer les longitudes.* pag : 57

LETTRE CLXVII. *Le mouvement de la Lune, fournit la cinquieme méthode de déterminer les longitudes.* pag : 63

LETTRE CLXVIII. *Des avantages de cette derniere méthode sur les précedentes, & de son dégré de préciſion.* pag : 67

LETTRE CLXIX. *Sur la bouſſole & sur les proprietés d'une aiguille aimantée.* pag : 72

LETTRE CLXX. *Sur la Déclinaiſon de la bouſſole & sur la maniere de l'obſerver.* pag : 77

LETTRE CLXXI. *Sur la variation que la déclinaiſon de la bouſſole éprouve au même endroit.* pag : 82

LETTRE CLXXII. *Sur la carte des Déclinaiſons, & de quelle maniere elle pourroit ſervir à découvrir les longitudes.* pag : 87

LETTRE CLXXIII *Pourquoi les aiguilles aimantées affectent en*

chaque lieu de la terre une certaine direction: pourquoi cette direction eſt différente en différens endroits, & par quelle raiſon elle change au même endroit avec le tems. pag: 92

LETTRE CLXXIV. *Eclairciſſemens ultérieurs ſur la cauſe & la variation de la déclinaiſon des aiguilles aimantées.* pag: 97

LETTRE CLXXV. *Sur l'inclinaiſon des aiguilles aimantées.* pag: 101

LETTRE CLXXVI. *Sur la véritable direction magnetique, & ſur la matiere ſubtile qui produit la force magnetique.* pag: 107

LETTRE CLXXVII. *Continuation ſur la nature de cette matiere magnetique, & de ſon courrant rapide. Des canaux magnetiques.* pag: 111

LETTRE CLXXVIII. *Du tourbillon magnetique, & ſur l'action des aimans l'un ſur l'autre.* pag: 116

LETTRE CLXXIX. *Sur la nature du fer & de l'acier & de quelle maniere ils peuvent récevoir la force magnetique.* pag: 122.

LET-

LETTRE CLXXX. *Sur l'action des aimans dans le fer, & des phénomenes, qu'on observe lorsqu'on met des pieces de fer dans le voisinage d'un aimant.* *pag:* 127

LETTRE CLXXXI. *Sur l'Armature des aimans.* *pag:* 133

LETTRE CLXXXII. *Sur l'Action & la force des aimans armés.* *pag:* 138

LETTRE CLXXXIII. *Sur la maniere de communiquer à l'acier la force magnetique: de la maniere d'aimanter les aiguilles de bouſſoles; de la ſimple touche, de ſes défauts & des moyens d'y remedier.* *pag:* 143

LETTRE CLXXXIV. *Sur la double touche & les moyens de conſerver la matiere magnetique dans les barres aimantées.* *pag:* 149

LETTRE CLXXXV. *Comment on communique à des barres d'acier une force magnetique très grande, par le moyen d'autres barres qui n'en ont qu'une très foible.* *pag:* 155

LETTRE CLXXXVI. *Sur la fabrique des aimants artificiels en forme des fers à chéval.* pag : 161

LETTRE CLXXXVII. *Sur la Dioptrique : des Inſtrumens qu'elle nous fournit pour renforcer notre vüe : Des Teleſcopes & des Microſcopes. Des differentes figures qu'on donne aux verres ou lentilles.* pag : 167

LETTRE CLXXXVIII. *Sur la différence entre les lentilles par rapport à la courbure de leurs faces convexes & concaves. Diſtribution des lentilles en trois claſſes.* pag : 173

LETTRE CLXXXIX. *De l'effet des verres convexes.* pag : 179

LETTRE CXC. *Sur le même ſujet & de la diſtance de foyer des verres convexes.* pag : 184

LETTRE CXCI. *Sur la diſtance de l'image des objets.* pag : 189

LETTRE CXCII. *Sur la grandeur des ces images.* pag : 194

LETTRE CXCIII. *Sur les verres ardens.* pag : 200

LET-

LETTRE CXCIV. *Sur les chambres obſcures.* pag : 205

LETTRE CXCV. *Reflexions ſur la repréſentation faite dans les chambres obſcures.* pag : 211

LETTRE CXCVI. *Sur les lanternes magiques & les microſcopes ſolaires.* pag : 216

LETTRE CXCVII. *Sur l'uſage & l'effet d'un verre convexe ſimple, lorsqu'on régarde immédiatement à travers.* pag : 220

LETTRE CXCVIII. *Sur l'uſage & l'effet d'un verre concave, lorsqu'on régarde immédiatement à travers.* pag : 225

LETTRE CXCIX. *De la grandeur apparente, de l'angle viſuel & ſur les microſcopes en général.* pag : 230

LETTRE CC. *Sur l'eſtime des groſſiſemens des objets contemplés par de microſcopes.* pag : 235

LETTRE CCI. *Propoſition fondamentale pour la conſtruction des microſcopes ſimples & Devis des quelques microſcopes ſimples.* pag : 239

LETTRE CCII. *Sur les bornes & les défauts des microſcopes ſimples.* pag : 245

LETTRE CCIII. *Sur les Teleſcopes, & leur effet.* pag : 250

LETTRE CCIV. *Sur les Lunettes d'approche ou de poches.* pag : 254

LETTRE CCV. *Sur leur groſſiſſemens.* pag : 260

LETTRE CCVI. *Sur les défauts de ces lunettes de poches, & ſur le champ apparent.* pag : 266

LETTRE CCVII. *Détermination du champ apparent pour les lunettes de poches.* pag : 271

LETTRE CCVIII. *Sur les lunettes aſtronomiques, & de leur groſſiſſemens.* pag : 275

LETTRE CCIX. *Sur leur champ apparent, & le lieu de l'oeil.* pag : 279

LETTRE CCX. *Détermination du groſſiſſement d'une lunette aſtronomique, & conſtruction de telles lunettes qui groſſiſſent les objets un nombre donné de fois.* pag : 284

LETTRE CCXI. *Du dégré de clarté.* pag : 289

LETTRE CCXII. *Sur l'ouverture des objectifs.* pag : 294

LET-

LETTRE CCXIII. *Sur la netteté dans l'expreſſion ; ſur l'eſpace de diffuſion cauſée par l'ouverture des objectifs, & conſiderée comme la premiere ſource du defaut de netteté dans la répréſentation.* *pag : 299*

LETTRE CCXIV. *De la diminution de l'ouverture des verres, & des autres moyens de diminuer l'eſpace de diffuſion & de la réduire même à rien.* *pag : 305*

LETTRE CCXV. *Des objectifs compoſés.* *pag : 312*

LETTRE CCXVI. *De la formation des objectifs ſimples.* *pag : 316*

LETTRE CCXVII. *Seconde ſource du defaut de netteté dans la répréſentation faite par les lunettes. Sur la différente réfrangibilité des rayons.* *pag : 322*

LETTRE CCXVIII. *Sur un moyen de rémedier à ce défaut, en employant des objectifs compoſés de verre & d'eau.* *pag : 326*

LETTRE CCXIX. *Sur un autre moyen plus praticable pour rémedier à ce defaut.* *pag : 332*

LETTRE CCXX. *Récapitulation de toutes les qualités qu'une bonne lunette doit avoir.* *pag : 337*

LET-

LETTRE CCXXI. *Sur les lunettes terreſtres à quatre verres.* pag : 341

LETTRE CCXXII. *Sur l'arrangement des verres dans ces lunettes.* pag : 345

LETTRE CCXXIII. *Sur quelques précautions à obſerver dans la conſtruction des lunettes : De la néceſſité de bien noircir l'interieur des tubes & ſur les diaphragmes.* pag : 349

LETTRE CCXXIV. *Comment les lunettes nous répréſentent la la lune, les planetes, le ſoleil & les étoiles fixes : pourquoi ces dernieres nous paroiſſent plus petites par les lunettes qu'à la vüe ſimple. Eſtime de la diſtance des étoiles fixes en comparant leur grandeurs apparentes avec celle du ſoleil.* pag : 353

LETTRE CCXXV. *Sur la queſtion : pourquoi la lune & le ſoleil nous paroiſſent plus grands à leur léver & à leur coucher, que lorsqu'ils ſe trouvent à quelque hauteur ? Des difficultés qu'on rencontre en voulant expliquer ce phénoméne.* pag : 357

LETTRE CCXXVI. *Réflexions ſur cette queſtion embaraſſante, & ap-*

pla-

planiſſement des difficultés qu'on y rencontre. Explications abſurdes. pag : 361

LETTRE CCXXVII. *Achéminement à la vraïe explication de ce phénomène. La lune paroit être plus éloignée de nous lorsqu'elle eſt à l'horizon, que lorsqu'elle ſe trouve au haut du ciel.* pag. 366

LETTRE CCXXVIII. *Les eſpaces du ciel nous paroiſſent ſous la forme d'une voute applatie vers le zenith.* pag : 371

LETTRE CCXXIX. *La lumiere des aſtres qui ſe trouvent à l'horizon eſt beaucoup affoiblie, par ce que leurs rayons ont un beaucoup plus grand chemin à parcourir dans notre baſſe athmoſphére, que lorsque les aſtres ſe trouvent à une hauteur; & c'eſt par cette raiſon que nous les jugeons à l'horizon, être plus éloignés de nous & plus grands, que s'ils ſont à une hauteur.* pag : 375

LETTRE CCXXX. *Sur quelques autres illuſions, qui viennent de ce que nous jugeons un objet*

d'au-

d'autant plus éloigné de nous, que ſa lumiere ou ſon éclat nous paroit foible. De quelle maniere les peintres en profitent. pag : 380

LETTRE CCXXXI. *Sur le bleu du ciel.* pag : 384

LETTRE CCXXXII. *Sur ce que nous obſerverions, ſi l'air étoit parfaitement transparent, & de la ſituation déplorable, dans laquelle une telle parfaite transparence de l'air nous jetteroit.* pag : 388

LETTRE CCXXXIII. *Sur la réfraction des rayons de lumiere à leur entrée dans l'atmoſphére, ſur les effets de cette réfraction. Des crépuſcules & du lever & coucher apparens des aſtres.* pag : 393

LETTRE CCXXXIV. *Sur ce que les aſtres nous paroiſſent plus élévés qu'ils ne le ſont effectivement, & ſur la Table des réfractions.* pag : 399.

FIN DE LA TABLE DES MATIERES DU TOME III.

ADDITIONS & CORRECTIONS

pag: 129 *ligne* 2 Soit AB *ajoutez,* dans la figure qui eſt à la page 130.

pag: 129 *ligne* 12 I A *liſez* I K.

pag: 138 *ligne* 13 Ainſi, *ajoutez,* dans la figure qui eſt à la page 139.

pag: 212 *ligne* 29 dans la figure cy-jointe *liſez* dans la 1ere figure à la page 215.

pag: 215 *ligne* 6 Dans la figure cy-jointe *liſez* Dans la 2me figure à la page 215.

pag: 217 *ligne* 21 jointe à cette lettre *liſez* qu'on trouve à la page 266.

pag: 268 *ligne* 21 ci-jointe *liſez* qui eſt à la page 278.

pag: 271 *ligne* 10 dans cette figure *liſez* dans la figure qui eſt à la page 278.

pag: 311 *ligne* 21 *le 19 Mars* liſez *le 13 Mars.*

pag: 344 *ligne* 17 la diſtance du verre, *liſez* la diſtance de foyer du verre.

AVERTISSEMENT.

A ce troiſieme Tome appartiennent huit planches de figures, que le Relieur aura ſoin de mettre aux pages indiquées au haut de ces planches, en ſorte que le lecteur puiſſe les deployer & avoir toujours devant les yeux.

Nachricht.

Zu dieſem dritten Theil gehören acht Blätter mit Figuren, welche der Buchbinder an den zu oberſt derſelben Blätter angezeigten Oertern dergeſtalt anfügen muß, daß der Leſer dieſelben könne herausſchlagen und vor Augen haben.

ИЗВѢСТІЕ.

Къ сей третьей части принадлежатъ 8 листовъ съ фигурами, которыя долженъ переплетчикъ въ показанныхъ въ верху оныхъ листовъ мѣстахъ приклеить такимъ образомъ, что бы читатель могъ оныя разгибать и видеть.

LETTRES

ÉCRITES

A UNE PRINCESSE D'ALLEMAGNE

sur divers sujets

de

PHYSIQVE ET DE PHILOSOPHIE.

LETTRE CLV.

MADAME,

VOTRE ALTESSE jugera, sans doute, qu'il est enfin tems de quitter l'électricité, aussi n'ai-je plus rien à ajouter sur ce sujet; mais je ne suis pas peu embarrassé pour trouver une matiere, qui soit digne de l'attention de V. A.

Je crois que pour décider dans ce choix, je dois avoir égard aux matieres, qui intereſſent davantage nos connoiſſances & dont les écrivains font ſouvent mention ; ce ſont des matieres, ſur leſquelles on peut prétendre, que des perſonnes de qualité ſoient ſuffiſamment inſtruites.

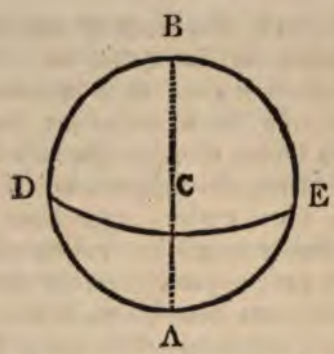
V. A. ayant ſans doute entendu parler ſouvent du fameux problême des longitudes, ſur la ſolution du quel les Anglois ont promis de grands prix, je crois que mes inſtructions ne ſeront pas mal placées, quand je les emploierai à mettre V. A. au fait de cette queſtion importante. Elle eſt étroitement liée avec la connoiſſance du globe de notre terre, pour qu'il ne ſoit pas permis de l'ignorer ; c'eſt ce qui me fournira une occaſion d'expliquer quantité d'articles interreſſans, ſur leſquelles V. A. ſera bien aiſe d'être éclaircie.

Je commencerai donc par donner une deſcription générale de la terre, qu'on peut régarder comme un globe, quoiqu'on ait trouvé dans ces derniers tems, que ſa veritable figure eſt une ſphéroide tant ſoit peu applatie ; mais la différence eſt ſi petite, que nous la pouvons bien négliger à préſent.

Nous devons remarquer premierement ſur le globe de la terre les deux points placés ſur ſa ſurface que l'on nomme les deux poles de la terre. C'eſt autour de ces deux points, que le globe de la terre tourne chaque jour,

, comme on fait tourner un globe qu'on
t fixe entre les deux pointes d'un tour;
nouvement eſt nommé le mouvement journa-
ou diurne de la terre, dont chaque tour
ève en 24 heures environ. Ou bien ſi nous vou-
s parler ſelon les apparences V. A. ſait,
le ciel tout entier, que nous régardons
me une boule creuſe au milieu de laquelle
erre ſe trouve, paroit tourner autour de la
e dans le même tems de 24 heures; ce mou-
ent ſe fait auſſi autour de deux points fixes
le ciel, qu'on nomme les poles du ciel;
ntenant ſi nous concevons une ligne droite ti-
d'un de ces poles du ciel jusqu'à l'autre,
e ligne paſſera par le milieu de la terre.

Or V. A. comprend aiſément que les appa-
es doivent être les mêmes, ſoit que la terre
ne autour de ces poles, le ciel reſtant en
s: ſoit que le ciel tourne autour de ſes po-
la terre demeurant en repos. L'une &
tre conſideration nous conduit également à
onnoiſſance des poles de la terre, ſur laquel-
ſt fondée non ſeulement l'Aſtronomie mais
la Géographie.



Que la figure ci-jointe répreſente le globe de la terre, dont les poles ſoient les points A & B; l'un de ces poles A eſt nommé le *pole auſtral*, ou *méridional*, ou auſſi le *pole antarctique*. L'autre *pole* B eſt nommé *boreal*, ou *ſeptentrional* ou bien le *pole arctique*; c'eſt ce dernier qui eſt le plus proche des endroits que nous habitons.

Je remarque que ces deux poles ſont directement oppoſés l'un à l'autre; ou bien ſi l'on tiroit une ligne droite de l'un à l'autre AB, au dedans de la terre, elle paſſeroit préciſément par le milieu C, c'eſt à dire par le centre de la terre. Cette ligne droite AB porte auſſi ſon nom, & eſt nommée *l'axe de la terre*, qui étant prolongé de part & d'autre jusqu'au ciel, y marquera les points qu'on nomme les poles du ciel, & aux quels on donne les mêmes noms qu'à ceux de la terre.

Ces deux poles de la terre ne ſont pas une pure fiction ni une ſpéculation des Aſtronomes & des Géo-

Géographes, ils ſont plûtot des points très eſſentiels, marqués ſur la ſurface de notre terre; car nous ſavons que plus on s'approche de ces deux points: plus les contrées deviennent rudes & froides, de ſorte que les païs autour de ces points ne ſont abſolument pas habitables, à cauſe du froid exceſſif qui y regne pendant l'hyver; auſſi ne trouve-t'on pas des exemples qu'aucun voïageur ou aucun vaiſſeau ait pû parvenir jusqu'à l'un ou l'autre des poles; on peut donc dire que ces deux endroits de la terre ſont abſolument inacceſſibles.

Ayant ainſi déterminé les deux poles de la terre A & B on conçoit toute la terre partagée en deux hémiſphères comme D B E & D A E, dont chacune porte, dans ſon ſommet, l'un des poles. Pour cet effet il faut couper la terre par ſon centre C, de ſorte que la ſection ſoit perpendiculaire à l'axe de la terre, cette ſection marquera, ſur la ſurface de la terre, un cercle qui paſſe tout autour de la terre, & qui eſt par tout également éloigné des deux poles. Ce cercle qui entoure la terre par ſon milieu porte le nom *d'équateur*; les païs qui en ſont près ſont les plus chauds, & à cauſe de cela presque inhabitables, à ce que les anciens ont cru, mais aujourd'huy, on les trouve aſſés habités, quoique la chaleur y ſoit presque inſupportable.

Or en s'éloignant de l'équateur de part & d'autre vers les poles, les contrées deviennent

de plus en plus temperées, jusqu'à ce que le froid devienne enfin insoutenable, lorsqu'on s'approche trop des poles.

Comme l'équateur partage la terre en deux hémispheres, chacun porte le nom du pole qui s'y trouve; ainsi la moitié D B E, qui contient le pole boreal est nommée *l'hémisphère boreal*, & c'est dans cet hemisphère qu'est située toute l'Europe, presque toute l'Asie, une partie de l'Afrique & la moitié de l'Amerique. L'autre hemisphère D A E est nommé *l'hemisphère méridional* ou *austral*, & il contient la plus grande partie de l'Afrique, l'autre moitié de l'Amerique & plusieures Isles, qu'on rapporte à l'Asie, comme V. A. se souviendra l'avoir vu sur la mappe-monde.

à Berlin ce 18. Aout 1761.

LETTRE CLVI.

Après avoir bien fixé l'idée des poles & de l'équateur de la terre, que V. A. peut mieux s'imaginer sur un globe, que je ne suis capable de le représenter par une figure, les autres idées dont nous avons besoin s'en suivront aisément.

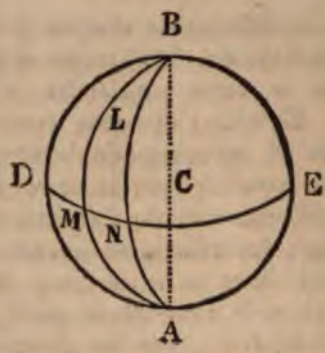
J'y dois cependant ajouter encore un plus grand éclaircissement; l'axe de la terre passant d'un pole à l'autre par le centre, est un diametre du globe de la terre & par consequent, est deux fois plus grand que le raïon; on éstime le raïon de

la

la terre, ou la diſtance de chaque point de la ſurface au centre de 860 milles d'allemagne; donc l'axe de la terre contiendra 1720 milles d'allemagne. Enſuite l'équateur étant un cercle dont le centre eſt au centre de la terre, le raion étant le même que celui de la terre, ſavoir, de 860 milles, le diametre de l'équateur ſera auſſi de 1720 milles; toute la circonference de l'équateur contiendra donc 5400 milles; ou bien ſi l'on vouloit faire le tour de la terre en ſuivant l'équateur, il faudroit faire un chemin de 5400 milles; d'où il eſt aiſé de juger de la grandeur de la terre.

L'Équateur étant un cercle, on le diviſe en 360 parties égales, qu'on nomme *dégrés*; ainſi un dégré de l'équateur contient préciſément 15 milles d'allemagne, puiſque 15 fois 360 ſont 5400.

Chaque dégré eſt ſubdiviſé outre cela en 60 parties égales, qu'on nomme *minutes*, de ſorte que chaque minute contient la quatrieme partie d'un mille d'allemagne, ou bien environ 6000 pieds; & une *ſeconde*, étant la ſoixantieme partie d'une minute, contiendra 100 pieds.



Dans l'impoſſibilité de répréſenter ſur le papier un globe autrement que par un cercle, V. A. y ſuppléera par l'imagination. Ainſi B, A, étant les deux poles de la terre ; B le boreal & A, l'auſtral ; D M N E répréſentera l'équateur, ou plutôt cette moitié qui eſt tournée vers nous, l'autre moitié de l'équateur nous étant cachée de l'autre coté.

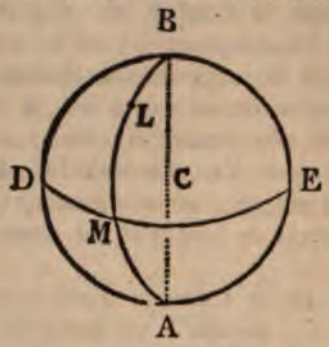
La ligne D M N E nous répreſente donc un demi cercle auſſi bien que B D A & B E A, tous ces demi cercles aïant leurs centres au centre du globe C. On ſe peut encore imaginer une infinité d'autres demicercles, tous tirés par les deux poles A & B de la terre & paſſant par d'autant de points différens de l'équateur qu'il y a de demicercles différens, comme B M A, B N A ; ceux-ci ſeront tous ſemblables aux premiers demi cercles B D A & B E A ; quoique dans la figure, leurs traits ſoient très différens, l'imagination y doit ſuppléer, car ſur un globe actuel la choſe eſt très évidente.

Tous

Tous ces demi cercles tirés d'un pole à l'autre, par quelque point de l'équateur qu'ils paſſent, ſont nommés *méridiens;* ou bien un *méridien* n'eſt autre choſe qu'un demi cercle, qui ſur la ſurface de la terre eſt tiré d'un pole à l'autre; d'où V. A. comprend, que prenant un lieu quelconque ſur la ſurface de la terre, comme le point L, on peut toujours concevoir un méridien BLMA qui en paſſant par les deux poles, traverſe ce lieu L. C'eſt alors qu'on nomme ce méridien, *le méridien du lieu* L. Si par exemple L étoit Berlin, le demi cercle BLMA ſeroit le méridien de Berlin; & ainſi de même par rapport à tous les autres lieux de la terre.

V. A. n'a qu'à ſe répréſenter un globe, ſur la ſurface duquel ſont deſſinés tous les païs de la terre, le continent auſſi bien que la mer avec ſes iles. Un tel globe artificiel, qui ne ſauroit être inconnû à V. A. eſt nommé *un globe terreſtre.* Quant à tous les méridiens, qu'on y peut concévoir, & dont un grand nombre eſt effectivement tiré ſur le globe, je rémarque, que chacun étant un demi cercle, il eſt partagé par l'équateur en deux parties égales, dont chacune ſe trouve être un quart de cercle, c'eſt à dire un arc de 90 dégrés. Ainſi BD, BM, BN, BE ſont des quarts de cercles, auſſi bien que AD, AM, AN & AE; chacun contient donc 90 dégrés: on y peut encore ajouter, que chacun eſt perpendiculaire à l'équateur, faiſant avec celui-ci des angles droits.

LETTRE CLVII.



Je commence encore par la même figure, qui ſera déjà aſſés familiere à V. A Le cercle entier repréſente le globe de la terre; les points A & B, ſes deux poles; B le pole boréal, ſeptentrional ou arctique; A le pole auſtral, méridional, ou antarctique; de ſorte que la droite BA tirée au dedans de la terre & paſſant par ſon centre C ſoit l'axe de la terre. Enſuite DME eſt l'équateur qui diviſe la terre en deux hémiſphères, l'un DBE boreal & l'autre DAE méridional.

Conſiderons maintenant un lieu quelconque L & tirons ſon méridien B L M A, qui étant un demi cercle, paſſe par ce lieu L & par les deux poles B & A. C'eſt donc le méridien du lieu L, qui eſt partagé par l'équateur en M en deux parties égales, étant deux quarts de cercle, dont chacun contient 90 dégrés. Enſuite je remarque que l'arc LM de ce méridien nous donne la diſtance du lieu L à l'équateur, &

& que l'arc LB exprime la diſtance du même lieu L au pole B.

Cela poſé, il eſt bon de remarquer que l'arc LM, ou la diſtance de L à l'équateur eſt nommé la *latitude du lieu* L; de ſorte que la latitude d'un lieu ſur la terre n'eſt autre choſe que l'arc du meridien de ce lieu, qui eſt intercepté entre l'équateur & le lieu propoſé; ou bien la latitude d'un lieu eſt la diſtance de ce lieu à l'équateur, en exprimant cette diſtance par dégrés, dont nous connoîſſons la valeur ſachant que chaque dégré contient 15 milles d'allemagne.

V. A. comprend aiſément, qu'il faut diſtinguer cette diſtance, ſelon que le lieu ſe trouve ou dans l'hémiſphère boreal, ou dans l'hémiſphère auſtral; dans le premier cas, ſi le lieu propoſé eſt dans l'hémiſphère boreal ou *Septentrional*, on dit qu'il a une *latitude boreale*; mais s'il eſt dans l'autre hemiſphère auſtral ou méridional, on dit que ſa *latitude* eſt *méridionale*.

Ainſi quand il eſt queſtion de Berlin, on dit que ſa latitude boreale eſt 52 dégrés & 31 minutes; de même la latitude de Magdebourg eſt auſſi *boreale* de 52 dégrés & 19 minutes. Mais la latitude de Batavia aux Indes orientales eſt *meridionale* de 6 dégrés 15 minutes; & celle du Cap de bonne eſperance en Afrique eſt auſſi *méridionale* de 34 degrés 15 minutes.

Je

Je remarque ici en paſſant, que pour abreger, on met au lieu du môt *dégré*, un petit zero (°) au deſſus du nombre, & au lieu du môt *minute* une petite barre (′), & s'il y a des *ſecondes*, on en met deux (″); c'eſt ainſi que la latitude de Paris à l'Obſervatoire eſt 48°. 50′. 10″ B. ce qui veut dire 48 dégrés, 50 minutes & 10 ſecondes boreale. Au Perou il y a un endroit nommé Vlo, dont on a trouvé la latitude 17°. 36′. 15″ M. ou bien 17 dégrés 36 minutes & 15 ſecondes méridionale. D'où V. A comprend, que ſi l'on parlait d'un lieu, dont la latitude fût 0°. 0′. 0″, ce lieu ſeroit préciſement ſous l'équateur, puiſque ſa diſtance de l'équateur eſt zero ou nulle; & ici il n'eſt pas néceſſaire d'y ajouter la lettre B, ou M. Mais ſi l'on parvenoit à un lieu, dont la latitude ſeroit 90° B, ce lieu ſeroit préciſement le pole boreal même de la terre, qui eſt éloigné de l'équateur d'un quart de cercle ou de 90 dégrés. Delà V. A. entend parfaitement, ce que c'eſt que la latitude d'un lieu, & pourquoi on l'exprime par dégrés, minutes & ſecondes.

Il eſt très important de connoître la latitude de chaque lieu, non ſeulement pour la Géographie, afin d'aſſigner à chacun ſa juſte place ſur les cartes géographiques, mais c'eſt encore de la latitude que dépendent les ſaiſons de l'année, l'inégalité des jours & des nuits, & par conſéquent la temperature du lieu. Pour les endroits ſitués ſous l'équateur même, il n'y a

pres-

presque point de variation dans les saisons, & pendant toute l'année les jours & les nuits sont de même durée, savoir de 12 heures; c'est pour cette raison que l'équateur est aussi nommée la ligne équinoctiale; mais plus on s'éloigne de l'équateur, plus aussi la différence entre les saisons de l'année dévient marquée, & plus aussi les jours surpassent les nuits en été, tandis que réciproquement en hyver, les jours sont d'autant plus courts que les nuits.

V. A. fait que les plus longs jours sont au commencement de l'été vers le 21 de Juin: conséquemment on a dans le même tems les nuits les plus courtes; & qu'au contraire au commencement de l'hyver vers le 23 de Decembre les jours sont les plus courts & les nuits les plus longues: de maniere que partout le plus long jour est égal à la plus longue nuit. Or en chaque lieu, la durée du plus long jour dépend de la latitude du lieu. Ici à Berlin, le plus long jour est de 16 heures 38 minutes & par conséquent le plus court jour en hyver de 7 heures 22 minutes. Aux endroits plus proches de l'équateur, ou dont la latitude est moindre que celle de Berlin, qui est 52°. 31′, le plus long jour en été a moins de 16 heures 38 minutes, & en hyver le jour le plus court plus de 7 heures 22 minutes. Le contraire arrive aux endroits plus éloignés de l'équateur; à Petersbourg par Exemple, dont la latitude est 60 dégrés, le plus long jour est de 18 heures 30 minutes & par conséquent la

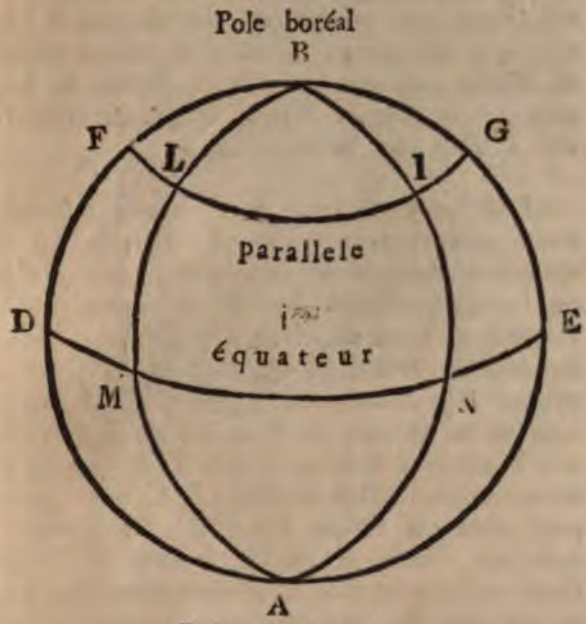
nuit

nuit n'eſt alors que de 5 heures 30 minutes; en hyver au contraire la nuit la plus longue y eſt de 18 heures 30 minutes & le jour n'eſt alors que de 5 heures 30 minutes. Si l'on s'éloigne encore d'avantage de l'équateur & qu'on parvienne à un lieu dont la latitude eſt de 66°. 30', le plus long jour y eſt préciſément de 24 heures, ou bien le ſoleil ne s'y couche pas alors; tandis qu'en hyver le contraire arrive, le ſoleil ne s'y levant point du tout le 23 Décembre, ou bien la nuit durant alors 24 heures. Or dans les lieux encore plus éloignés de l'équateur & conſéquemment plus proches du pole, comme par exemple Warthuys dans la Laponie ſuedoiſe, ce plus long jour de 24 heures y dure pluſieurs jours de ſuite, pendant les quels le ſoleil ne ſe couche abſolument pas; & la plus longue nuit, où le ſoleil ne ſe lêve point du tout, eſt de la même durée.

Si nous pouvions arriver au pole même, nous y aurions du jour pendant ſix mois de ſuîte, & pendant les ſix autres mois une nuit continuelle. De là V. A. comprend, combien il eſt important de bien connoître la latitude de tous les lieux de la terre.

le 22 Aout 1761.

LETTRE CLVIII.



Aiant eu l'honneur de dire à V. A. que pour trouver le méridien d'un lieu proposé L, il faut tirer sur la surface de la terre un demi-cercle **BLMA**, qui passe par les deux poles B & A, & par le lieu proposé L; je remarque qu'il y a une infinité d'autres endroits par le quels ce même méridien passe, & qui par consequent sont dits être tous situés sous le même méridien, soit dans l'hemisphère boréal entre B & M, soit dans l'hemisphère méridional ou austral entre M et A.

Or tous les lieux ſitués ſous un même méridien différent par rapport à leur latitude, les uns étant plus proches ou plus éloignés de l'équateur que les autres. C'eſt ainſi que le méridien de Berlin paſſe par la ville de Meiſſe & à peu près par le port de Trieſte & par quantité d'autres lieux moins remarquables.

Enſuite V. A. voit auſſi qu'une infinité de lieux peuvent avoir la même latitude ou être également éloignés de l'équateur, mais que tous ces lieux ſont ſitués ſous des méridiens différens. En effet ſi L eſt la ville de Berlin, dont la latitude ou l'arc L M contient 52°. 31′, on peut aſſigner ſous tout autre méridien B N A, un lieu I, dont la latitude ou l'arc I N eſt auſſi 52°31′; tels lieux ſont auſſi les points F & G pris dans les méridiens B D A & B E A. Comme donc on peut tirer par chaque point de l'équateur un méridien, dans le quel il y aura un endroit dont la latitude ſera la même que celle de Berlin ou du lieu L, on aura une infinité de lieux, qui tous auront une même latitude. Tous ces lieux ſeront ſitués dans un cercle F L I G, qui aiant tous ſes points également éloignes de l'équateur eſt nommé un *cercle parallele* à l'équateur, ou ſimplement un *parallele*. Un parallele ſur la terre n'eſt donc autre choſe qu'un cercle qui eſt parallele à l'équateur, ou dont tous les points ſont également éloignés de l'équateur; d'où il eſt clair que tous les points d'un parallele ſont auſſi également éloignés des poles de la terre.

Comme

Comme on peut tirer par chaque lieu de la terre un tel parallele, on peut concevoir une infinité de paralleles, qui tous différent entr'eux par rapport à la latitude, chacun aiant une latitude, ſoit boréale, ſoit auſtrale, qui lui eſt propre.

V. A. comprend auſſi que plus la latitude eſt grande, ou plus on approche de l'un des poles, plus les paralleles deviennent petits, juſqu'à ce qu'enfin aux poles mêmes, où la latitude eſt de 90°, ces paralleles ſe réuniſſent dans un ſeul point. Mais au contraire, plus on approche de l'équateur ou plus la latitude eſt petite, plus auſſi les paralleles ſont grands, & ils ſe confondent enfin avec l'équateur même, lorsque la latitude eſt zero ou nulle. C'eſt auſſi par la latitude qu'on diſtingue ces paralleles; ainſi le parallele de 30 dégrés eſt celui qui paſſe par tous les lieux dont la latitude eſt de 30 dégrés, où l'on doit pourtant s'expliquer, ſi l'on parle d'une latitude boréale, ou d'une latitude méridionale.

En conſultant les cartes géographiques V. A. verra qu'Hannover eſt ſitué ſous le même parallele que Berlin, la latitude de l'un & de l'autre étant 50° 31′, & que de même les villes de Brunswig & d'Amſterdam tombent presque ſous le même parallele; mais que les méridiens qui paſſent par ces endroits ſont différens. Or connoiſſant tant le méridien que le parallele, ſous lequel un lieu eſt ſitué, on en connoît la veritable place ſur la terre. Si l'on nous diſoit par exemple qu'un certain endroit eſt ſitué ſous le méridien BNA & ſous

le parallele F L G, on n'auroit qu'à voir où le méridien B N A eſt coupé par le parallele F L G, & l'interſection I donnera la véritable place de l'endroit propoſé.

C'eſt auſſi de ce moien dont ſe ſervent les Géographes pour déterminer la veritable poſition de tous les endroits de la terre. Il ne s'agit que d'en connoitre le parallele, ou ſa latitude, & le méridien qui lui répond. Pour le parallele, il eſt aiſé de le marquer & de le diſtinguer de tous les autres paralleles; on n'a qu'à indiquer la latitude ou la diſtance de l'équateur qui ſera ou boréale ou méridionale: Mais comment pourra-t'on décrire un méridien & le diſtinguer de tous les autres? tous les méridiens ſe reſſemblent parfaitement, ils ſont tous égaux entr'eux, & aucun ne porte une marque eſſentielle préferablement aux autres. Il dépend donc uniquement de notre bon plaiſir de choiſir un certain méridien & de le fixer pour en compter tous les autres. Si par exemple dans la figure miſe au commencement de cette lettre on choiſiſſoit le méridien B D A, il ſeroit aiſé de nous donner une déſcription de tout autre méridien comme B M A, on n'auroit qu'à nous indiquer dans l'équateur l'arc D M compris entre le méridien fixe B D A & celui dont il eſt queſtion B M A, pourvûqu'on ajoute, en quel ſens on doit partir du méridien fixe, pour paſſer à l'autre, ſi c'eſt vers l'orient ou vers l'occident.

On nomme ce méridien fixe, du quel on compte tous les autres, *le premier méridien*, & puis-

puisque le choix de ce premier méridien dépend de notre bon plaiſir, V. A. ne ſera point ſurpriſe, que les diverſes nations ne ſont pas d'accord là deſſus. Les François ont choiſi pour cet effet l'Isle de Fer qui eſt une des Isles Canaries, & c'eſt par cette isle qu'ils tirent leur premier méridien. Les Allemands & les Hollandois ſont paſſer leur méridien par une autre Isle des Canaries, qui eſt nommé Teneriffe. Mais ſoit qu'on ſuive les françois ou les allemands, il faut toujours bien marquer ſur l'équateur le point par lequel le premier méridien paſſe, & de ce point on compte enſuite par dégrés, les points par les quels paſſent tous les autres méridiens, & tant les françois que les allemands ſont d'accord de compter de l'occident vers l'orient.

Ainſi, ſi dans nôtre figure le demi-cercle B D A étoit le premier méridien, & que les points de l'équateur M & N fuſſent ſitués vers l'orient; pour marquer tout autre méridien B M A, on n'a qu'à indiquer la grandeur de l'arc D M, & cet arc eſt ce qu'on nomme la *longitude* de tous les lieux ſitués ſous le méridien B M A. S'il étoit queſtion des lieux ſitués ſous le méridien B N A, leur longitude ſeroit l'arc de l'équateur D N exprimé en dégrés, minutes & ſecondes.

le 29. Aout 1761.

LETTRE CLIX.

V. A. ſera maintenant parfaitement inſtruite ſur ce qu'on nomme la latitude & la longitude

d'un lieu ſur la terre. La latitude ſe compte ſur le méridien, du lieu propoſé jusqu'à l'équateur, ou bien elle eſt la diſtance du parallele qui paſſe par le lieu propoſé à l'équateur, où pour ôter toute ambiguité, il faut ajouter ſi cette diſtance ou latitude eſt boréale ou méridionale.

Pour la longitude, il faut voir combien le méridien du lieu propoſé eſt éloigné du premier méridien, & on compte cet éloignement ſur l'équateur, depuis le premier méridien jusqu'au méridien propoſé en allant toujours de l'occident à l'orient; ou bien la longitude eſt la diſtance du méridien du lieu propoſé depuis le premier, en comptant les dégrés ſur l'équateur, comme je viens de le dire.

On compte donc toujours du premier méridien vers l'orient, d'où V. A. comprend que quand on aura compté jusqu'à 360 degrés, on retournera préciſement au premier méridien, puiſque 360 dégrés, achevent toute la circonference de l'équateur: Donc, quand on parle d'un endroit dont la longitude ſeroit 359 dégrés, le méridien de cet endroit ne ſera éloigné du premier méridien que d'un dégré, mais vers l'ouëſt ou l'occident; de même 350° de longitude conviennent avec une diſtance de 10° vers l'ouëſt ou l'occident. C'eſt donc pour éviter toute ambiguité que dans la determination des longitudes, on continue de compter jusqu'à 360° vers l'orient.

V. A.

V. A. ſera ſans doute curieuſe de ſavoir pourquoi les Géographes ſe ſont accordés d'établir le premier méridien par quelqu'une des Isles Canaries ? à quoi j'ai l'honneur de répondre, qu'on a voulû ſe régler ſur les limites de l'Europe vers l'Occident, & puisqu'on regarde les Isles Canaries, (ſituées dans la mer atlantique au de là de l'Eſpagne vers l'Amerique,) comme faiſant encore partie de l'Europe, on a jugé à propos de faire paſſer le premier méridien par la plus réculée des Isles Canaries, afin qu'on puiſſe compter les autres méridiens ſans interruption, non ſeulement par toute l'Europe, mai auſſi par toute l'Aſie : d'où en continuant de compter vers l'Orient, on parvient en Amerique, & de là on rétourne enfin au premier méridien.

Mais à quelle de ces Isles Canaries donner la préference ? quelques Géographes françois ont choiſi l'Isle de Fer, & les allemands celle de Teneriffe, parce qu'on n'étoit pas alors aſſés bien informé ſur la véritable ſituation de ces isles, & qu'on ne ſavoit peut-être pas laquelle étoit la plus réculée ; d'ailleurs les allemands ont crû que la haute montagne nommée Pic de Teneriffe étoit pour ainſi dire marquée par la nature pour y faire paſſer le premier méridien.

Quoiqu'il en ſoit, il eſt presque ridicule de faire paſſer le premier méridien par un endroit, dont la ſituation n'eſt pas bien connue ; car ce

n'eſt que depuis peu de tems, qu'on a mieux déterminé la poſition des Iſles Canaries. Pour cette raiſon les Aſtronomes qui emploïent plus d'exactitude dans leurs récherches, placent le premier méridien, de façon que le meridien de Paris à l'obſervatoire en ſoit préciſement éloigné de 20 dégrés, [illegible] r par quel endroit paſſe alors le [illegible] ien; c'eſt ſans doute le plus ſur p[illegible] ſe prendre; & pour bien déterminer [illegible] méridien, le meilleur moien eſt d[illegible] l'éloignement de celui de Paris; [illegible] utre méridien eſt plus vers l'Orie[illegible] 'à y ajouter 20 dégrés pour avoir [illegible] des lieux qui y ſont ſitués; mais [illegible] en eſt plus vers l'Occident que celui de Paris, on ſouſtrait leur diſtance de 20 dégrés; enfin ſi cette diſtance vers l'occident eſt plus grande que 20 dégrés, on la ſouſtrait de 380 dégrés, où de 20 dégrés au delà des 360, pour avoir la longitude du méridien.

Ainſi le méridien de Berlin étant plus vers l'orient que celui de Paris de 11°. 7′, 15″, la longitude de Berlin ſera 31°. 7′. 15″; & c'eſt auſſi la longitude de tous les autres lieux qui ſont ſitués ſous le même méridien que Berlin.

De même le méridien de Petersbourg étant plus vers l'orient de 28 dégrés que celui de Paris; la longitude de Petersbourg ſera 48°.

Le meridien de Londres à St. James eſt plus vers l'Occident que celui de Paris de 2°. 25′. 15″; donc en ôtant cette quantité de 20°, le reſte 17°. 34′. 45″ donne la longitude de Londres à St. James.

Conſiderons auſſi la ville de Lima au Perou, dont le méridien eſt éloigné de celui de Paris de 79°. 9′. 30″ vers l'occident, qu'il faut par conſequent ſoustraire de 380°; & l'on trouvera la longitude de Lima 300°. 50′. 30″.

Or quand on connoît tant la latitude que la longitude d'un endroit, on eſt en état de marquer ſon vrai lieu ſur un globe terreſtre, ou ſur une carte Géographique; car comme la latitude marque le parallele, ſous le quel l'endroit eſt ſitué, & que la longitude donne le méridien du même lieu, l'endroit où le parallele coupe le méridien, ſera exactement le lieu propoſé.

V. A. n'a qu'à jetter auſſi les yeux ſur une carte Géographique; par exemple ſur celle de l'Europe: Elle verra aux deux cotés les dégrés des paralleles marqués, ou leurs diſtances de l'equateur, & en haut & en bas les dégrés de longitude où les éloignemens des méridiens du premier méridien.

Ordinairement on trace ſur les cartes tant les paralleles que les méridiens, ou de dégré

en dégré, ou ſeulement de 5 dégrés en 5 dégrés. Dans la pluspart des cartes, les méridiens ſont tirés de haut en bas, & les paralleles de gauche à droite; où le haut eſt dirigé vers le Nord; le bas vers le Sud, ou le Midi: le côté droit vers l'Orient ou l'Eſt; & le coté gauche vers l'Occident ou l'Ouëſt.

Enſuite il faut auſſi rémarquer, que puiſque tous les méridiens concourent dans les deux poles, plus deux méridiens approchent d'un pole, plus leur diſtance ſera petite; c'eſt toujours ſous l'équateur, où la diſtance entre deux méridiens eſt la plus grande Auſſi ſur toutes les bonnes cartes, où les méridiens ſont tracés, V. A. verra qu'ils s'approchent toujours vers le haut, ou vers le Nord, & que leurs diſtances deviennent plus grandes en bas, c'eſt à dire en s'approchant de l'équateur: Ce qui ſert à une meilleure intelligence des Cartes Géographiques, par lesquelles on tâche de nous répreſenter la ſurface ou une partie de la ſurface du Globe de la terre.

Mais mon but principal eſt de faire voir, comment la véritable poſition de chaque lieu de la terre eſt déterminée par ſa latitude & ſa longitude.

le 1. Septembre 1761.

LETTRE CLX.

Puis qu'il eſt ſi important de connoître tant
a latitude que la longitude de chaque lieu,
our ſavoir à quel point on ſe trouve ſur la
urface de la terre, V. A. jugera aiſément qu'il
ſt auſſi important de découvrir les moiens pro-
res à nous conduire à cette connoiſſance.

En effet ſi un homme après un long voiage arri-
e à un endroit, ſoit ſur terre, ſoit ſur mer, rien ne
uroit être plus interreſſant pour lui, que d'ap-
rendre en quel lieu de la terre il ſe trouve alors;
il eſt proche de quelque païs connû, ou non? &
uel chemin il faut prendre pour y arriver?
Le ſeul moien de tirer cet homme de ſon em-
arras ſera ſans doute de lui découvrir la latitude
la longitude du lieu où il ſe trouve: mais
e quel moïen doit il ſe ſervir pour parvenir
cette découverte? ſuppoſé qu'il eſt ou ſur
ıer, ou ſur terre dans quelque vaſte deſert, où
n'y a nulle habitant qu'il puiſſe conſulter. Or
étant aſſuré de la latitude & de la longitude
e ſon lieu, moiennant un globle terreſtre
u des cartes géographiques, il y marquera aiſe-
ıent le point de ſa démeure, d'où il ſera en
tat de tirer tous les éclairciſſemens dont il a
eſoin.

Je ferai voir à V. A. que c'eſt principalement
'Aſtronomie, qui nous fournit les moïens de
onnoître tant la latitude que la longitude du
ieu où nous nous trouvons; mais pour ne pas en-

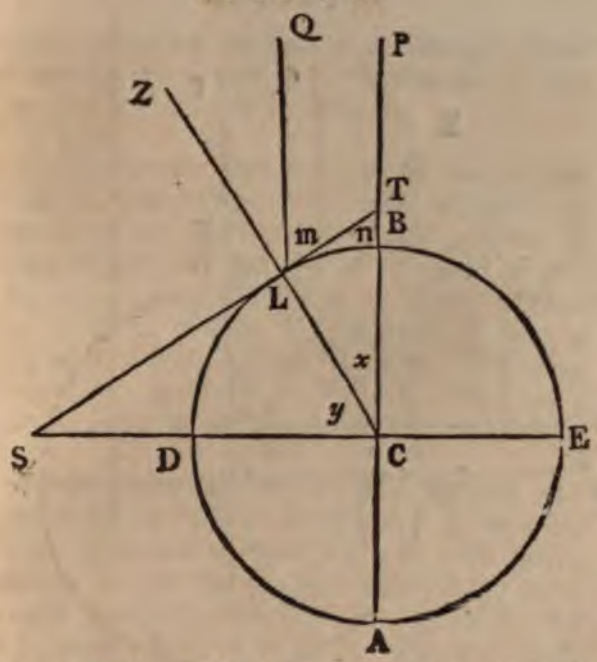
nuïer

nuïer V. A. par un long détail de toutes les méthodes que les Aſtronomes ont découvertes pour cet important deſſein, je me contenterai de Lui en préſenter une idée génerale, & j'oſe me flatter que de la maniere que je m'y prendrai, cette idée ſera ſuffiſante pour faire comprendre à V. A. les principes ſur lesquels toutes les méthodes ſont fondées

Je commencerai par la récherche de la latitude qui n'eſt presque aſſujettie à aucune difficulté, pendant que celle de la longitude ſemble encore ſurpaſſer la portée de l'éſprit humain, ſurtout lorsqu'on ſe trouve en mer & qu'on y exige la derniere préciſion : c'eſt auſſi pour cette raiſon qu'on a mis, ſur la récherche de la longitude, des prix des plus conſiderables, pour mieux encourager les ſavans à réunir leur capacité, & leurs travaux afin qu'une découverte auſſi importante que celle-ci devienne doublement interreſſante & par l'honneur & par le gain qu'elle procurera à l'inventeur.

Je réviens à la latitude & aux moiens de la découvrir, rémettant à un autre tems de parler plus amplement de la longitude & des differentes méthodes de la découvrir ſurtout en voiageant par mer.

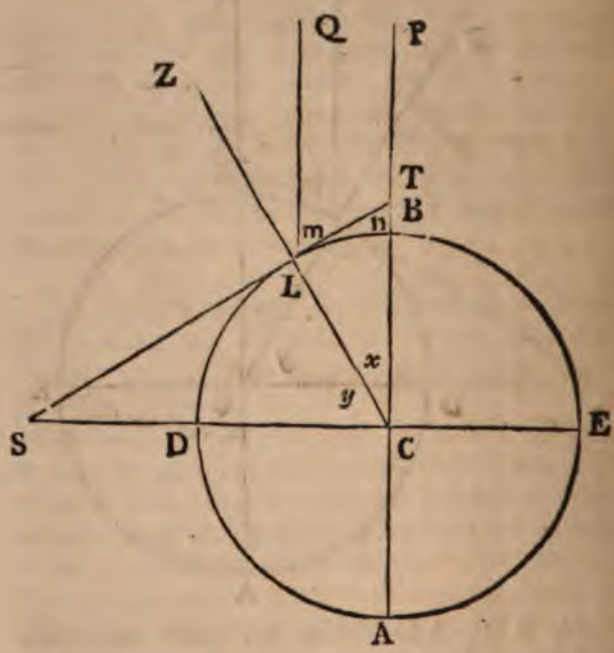
Que dans la figure ci-jointe les points B & A ſoient les poles de la terre ; B A ſon axe & C ſon centre ; que le demi-cercle B D A répreſente un méridien, coupé par l'équateur au point D,



D, & BD, AD ſeront des quarts de cercle ou des arcs de 90 dégrés. La ligne droite CD ſera donc un raïon de l'équateur & DE ſon diamètre.

Soit maintenant dans ce méridien BDA, le point L, le lieu propoſé dont il faille chercher la latitude, ou bien le nombre de dégrés que contient l'arc LD, qui meſure la diſtance du point L à l'équateur; ou encore tirant le raïon CL, puiſque l'arc CD eſt la meſure de l'angle DCL que je nommerai *y*, cet angle *y* exprimera la latitude du lieu L qu'il s'agit de trouver.

Or



Or comme il ne nous eſt pas permis d'entrer au centre de la terre pour y meſurer cet angle, il faut recourir au ciel. C'eſt là où la prolongation de l'axe de la terre AB mene au pole boréal du ciel P, qu'on doit regarder comme infiniment éloigné de la terre. Qu'on prolonge auſſi le raïon LC, qui aboutira dans le ciel au point Z qu'on nomme le Zenith du lieu ; enſuite tirant par L la ligne droite ST perpendiculaire au raïon CL, V. A. ſe ſouviendra que cette ligne ST eſt une tangente du cercle & qu'elle ſera

ſera par conſequent horizontale au lieu E: notre horizon touchant toujours la ſurface de la terre au lieu où nous nous trouvons.

Qu'on regarde maintenant en L vers le pole du ciel P, lequel étant infiniment éloigné, la droite L Q qui y eſt dirigée, ſera parallele à la ligne A B P, ou à l'axe de la terre; ce pole du ciel paroïtra donc entre le Zenith & l'horizon L T & l'angle T L Q indiqué par la lettre *m* montrera combien la droite L Q dirigée au pole, eſt élévée au deſſus de l'horizon; d'où cet angle *m* eſt nommé *l'élévation du pole.*

V. A. a deja ſans doute aſſés ſouvent entendû parler de l'élevation du pole, qu'on nomme auſſi la *hauteur du pole*, & qui n'eſt autre choſe que l'angle que la ligne droite L Q, dirigée vers le pole du ciel, fait avec l'horizon du lieu, où nous ſommes. V. A comprend auſſi aiſément la poſſibilité d'obſerver cet angle *m* par le moïen d'un certain inſtrument Aſtronomique propre à ce deſſein, ſans que j'aie beſoin d'entrer dans un plus grand détail la deſſûs.

Cela poſé j'ai l'honneur d'aſſurer V. A. que quand on aura meſuré cet angle *m*, ou la hauteur du pole, ce même angle nous donnera préciſement la latitude du lieu L, ou bien l'angle *y*. Pour cet effet il ne s'agit que de faire voir que ces deux angles *m* & *y* ſont égaux entr'eux.

D'abord

D'abord la ligne L Q étant parallele à C P, les angles *m* & *n* ſont alternes, & conſequemment égaux entr'eux. Enſuite la ligne L T étant perpendiculaire au raïon C L, l'angle L du triangle C L T ſera droit, & les deux autres angles *n* & *x* de ce même triangles, feront enſemble auſſi un angle droit. Mais puiſque l'arc B D eſt un quart de cercle, l'angle B C D ſera auſſi droit, les deux angles *x* & *y* ſont donc autant, étant ajoutés enſemble, que les deux angles *n* & *x*. Otons de part & d'autre l'angle *x*, alors l'angle *y* ſera égal à l'angle *n*, & par conſequent auſſi égal à l'angle *m*.

Mais j'ai deja fait remarquer, que l'angle *y* exprime la latitude du lieu L, & l'angle *m*, l'élevation ou la hauteur du pole au même endroit L; donc la latitude d'un endroit eſt toujours égale à la hauteur du pole à ce même endroit. Donc les moïens que l'Aſtronomie nous fournit, pour obſerver la hauteur du pole, nous donnent la latitude que nous cherchons.

C'eſt ainſi que les obſervations aſtronomiques faites à Berlin, nous ont apris, que la hauteur du pole y eſt 52° 31′, & de là nous avons tiré la conſequence que la latitude de Berlin eſt auſſi 52° 31′.

C'eſt un exemple bien remarquable, comment le ciel nous peut éclaircir ſur des choſes qui ne ſe rapportent qu'à la terre.

le 5 Septembre 1761.

LET-

LETTRE CLXI.

Je paſſe maintenant à la conſidération de la longitude, & je remarque, qu'en partant d'un lieu connû tant par mer que par terre, on pourra aiſément trouver la longitude du lieu où l'on ſera parvenu, pourvûqu'on connoîſſe exactement la longueur du chemin & la route qu'on a tenue; la longitude dans ce cas peut même ſe trouver ſans le ſecours de l'Aſtronomie, & cela merite bien que je l'explique plus diſtinctement à V. A.

Pour la longueur du chemin, on la meſure par pieds; on ſait enſuite combien de pieds ſont une mille, & combien de milles il faut pour un arc qui contient un dégré ſur la terre: c'eſt ainſi qu'on pourra exprimer par dégrés le chemin qu'on aura fait.

Pour la route ou la direction du chemin, il faut bien connoître la poſition du méridien à chaque lieu où l'on ſe trouve. Comme le méridien va d'un coté au pole boréal, ou vers le nord, & de l'autre coté au pole méridional, ou vers le ſud; on n'a qu'à tirer ſur l'horizon où l'on ſe trouve, une ligne droite du nord vers le ſud, qu'on nomme la *ligne méridienne* de ce lieu. Il faut ſe donner toutes les peines poſſibles pour tracer bien exactement cette ligne méridienne & c'eſt en quoi le ciel nous doit encore ſervir de guide.

V. A. ſait qu'il eſt midi, quand le Soleil ſe trouve le plus élevé au deſſus de l'horizon;

or c'eſt alors que le Soleil ſe trouve préciſement vers le ſud, & l'ombre d'un bâton fixé perpendiculairement ſur un plan horizontal, tombera alors préciſement vers le nord; d'où il eſt aiſé de comprendre, comment les obſervations du Soleil nous fourniſſent les moiens de bien tracer la ligne méridienne, en quelque lieu que nous nous trouvions.

Or ayant tracé la ligne méridienne, toutes les autres directions ou routes ſont aiſément déterminées.

Soit

Soit dans la figure ci-jointe, la ligne droite NS la méridienne, l'extrêmité N étant dirigée vers le Nord & le bout S vers le Sud. A cette méridienne NS, qu'on tire perpendiculairement la droite OW, dont l'extrêmité O ſera dirige vers l'orient, qu'on nomme *Oſt* en allemand, & l'autre extrêmité W vers l'occident, qu'on nomme *Weſt*. Maintenant après avoir diviſé le cercle en ſeize parties égales, on aura autant de directions nommées par les lettres y-jointes, & en cas qu'on ſuive une route qui ne convienne pas exactement avec une de ces ſeize, on marque l'angle, qu'elle fait avec la méridienne NS, ou avec la ligne OW qui lui eſt perpendiculaire.

C'eſt par ce moïen qu'on pourra exactement connoître la route, qu'on tient en voiageant; & toutes les fois qu'on eſt bien aſſuré tant de la longueur du chemin, que de la route qu'on aura ſuivie, il eſt fort aiſé de déterminer le vrai lieu, où l'on ſera parvenû & d'en aſſigner même tant la latitude que la longitude. Pour cet effet on ſe ſervira d'une bonne carte géographique, dont l'étendue doit être ſi grande qu'elle contienne, tant le lieu d'où l'on eſt parti, que celui où l'on eſt arrivé; & ſur cette carte, on pourra tirer le chemin qu'on aura parcourrû, moiennant l'echelle qui marque la grandeur d'une mille dans cette carte.

La figure ci-jointe réprèſente une telle carte, où ſont marqués de dégré en dégré, tant les parallèles de gauche à droite que les méridiens de

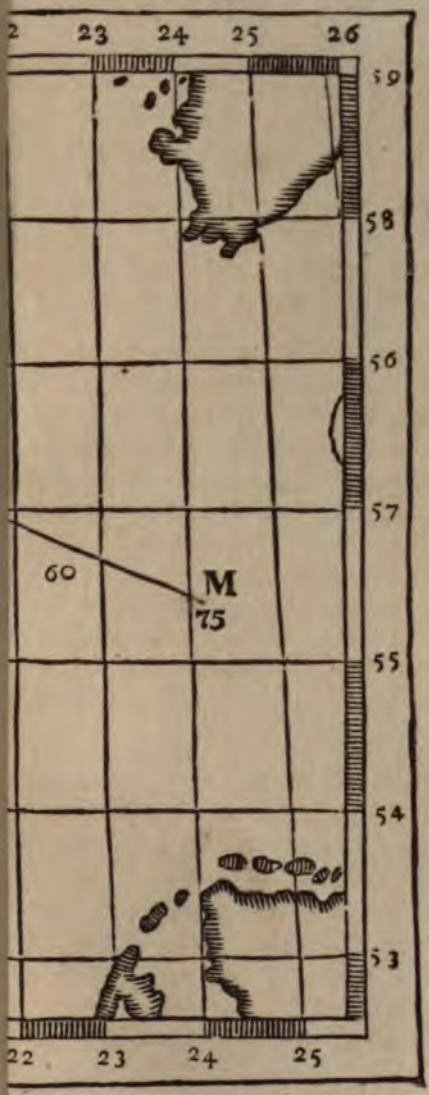
haut en bas, & où l'on verra auſſi, que les méridiens ſont plus proches les uns des autres en haut vers le nord, qu'en bas vers le Sud; comme cela arrive actuellement ſur la terre.

Cette carte renferme une partie de la ſurface de la terre depuis 53 dégrés de latitude boréale, juſqu'au 59me degré; & depuis 13 dégrés de longitude juſqu'au 26me dégré.

Suppoſons maintenant qu'on ſoit parti du lieu L, dont la longitude eſt 16° & la latitude 57° 20′ & qu'on ait tenu la route OSO ſur laquelle on ait parcourru un chemin de 75 milles d'allemagne. Pour trouver la longitude & la latitude du lieu où l'on ſera parvenu, ſoit tiré du lieu L la droite LM qui faſſe avec le méridien 16. 16 le même angle, que fait dans la figure précédente la direction OSO avec N. Enſuite ſur cette ligne qu'on prenne ſelon l'échelle marquée dans la carte LM de 75 milles d'allemagne, & le point M ſera le lieu où l'on ſera parvenu.

Apréſent on n'a qu'à comparer ce lieu avec les méridiens & les paralleles tracés ſur la carte, & on verra que ſa longitude tombe très près du 24e dégré, & en meſurant plus exactement la partie du dégré à ajouter au 24e degré, on trouvera la longitude du point M de 24° 4′. Pour la latitude, on voit qu'elle ſe trouve entre le 55e & 56e degré, & on l'eſtimera aiſément de 55° 25′; de ſorte que du lieu M, où l'on eſt

LETTRE CLXI.



Oſt.

t parvenu, la latitude eſt 55° 25′ & la longitu- e 24° 4′.

Ici j'ai ſuppoſé qu'on a ſuivi pendant tout voiage la même route, marquée OSO; ais ſi l'on changeoit de route de tems en tems n n'auroit qu'à faire pour chaque changement même operation, pour trouver le lieu où on a été alors & enſuite de ce lieu on tracera la ute ſuivante, juſqu'à ce qu'on l'ait changée de ouveau, & ainſi de ſuite, juſqu'à ce qu'on arrive d-rnier endroit. Par ce moien on ſera toujours n état dans les voïages de connoître les lieux où 'on arrive, pour-vû qu'on ſache toujours exacte- nent la route qu'on tient, & qu'on meſure auſſi xactement le chemin qu'on parcourt.

Dans ce cas on pourroît même ſe paſſer les ſecours tirés de l'Aſtronomie, à moins qu'on n'en ait beſoin pour connoître au juſte la route, ou l'angle qu'elle fait avec la méridienne; mais 'aiguille aimantée ou la bouſſole peut ſouvent ſuppléer à ce beſoin.

V. A. comprendra cependant aiſément, qu'on peut ſe tromper bien conſiderablement dans l'eſti- ne de la route & de la longueur du chemin, urtout dans des voiages fort longs. Quand je ais ſeulement à Magdebourg, combien de ois ne change-je point de route? & comment eſurerai-je exactement la longueur du chemin? Mais quand le voiage ſe fait par terre, on n'eſt as réduit à cet expedient; on eſt alors en état

de méſurer par des opérations géometriques, les diſtances des lieux & les angles que ces diſtances font avec la méridienne de chaque endroit; & c'eſt par ce moien qu'on détermine aſſés exactement la veritable ſituation de tous les lieux.

le 8 Septembre 1761.

LETTRE CLXII.

Dans les voiages par mer la méthode indiquée d'obſerver tant la route qu'on tient, que la longueur du chemin parcourru, ſemble être d'un très grand ſecours, parcequ'on n'y eſt pas obligé de changer de route à tout moment, comme il arrive lorsqu'on voyage par terre; car tant qu'on a le même vent, on peut pourſuivre la même route.

Auſſi les pilotes qui dirigent les vaiſſeaux, ſont très attentifs à obſerver exactement la route que le vaiſſeau tient, & à méſurer le chemin qu'il parcourt: ils tiennent uu journal exact de toutes ces obſervations, & à la fin de chaque jour, ou encore plus ſouvent, ils tracent ſur leurs artes marines, qui répréſentent l'étendüe de la mer, le chemin qu'ils ont parcourrû, & ſont par ce moyen en état de marquer ſur les cartes pour chaque tems, le point où ils ſe trouvent, & dont ils connoiſſent par conſequent tant la latitude que la longitude. Auſſi tant que le cours ſe fait régulierement, & que le vaiſſeau n'eſt pas trop agité par quelque tempête, les pilotes ne s'y trompent guere beaucoup: mais quand

quand ils ont raiſon de ſe méfier, ils ont récours aux obſervations aſtronomiques, d'où ils concluent la hauteur du pôle, laquel e étant toujours égale à la latitude du lieu où ils ſe trouvent, ils la comparent avec celle qu'ils ont marquée ſur la carte, conformement à l'éſtime du chemin. S'ils la trouvent d'accord, c'eſt une preuve que leur eſtime eſt juſte; s'ils découvrent quelque différence, ils en concluent avec ſureté qu'ils ſe ſont trompé dans l'éſtime du chemin & de la route; ils examinent alors l'un & l'autre plus ſoigneuſement, & ils tâchent d'y rapporter les juſtes corrections, pour accorder l'eſtime avec l'obſervation de la hauteur du Pole, ou de la latitude qui lui eſt égale.

Dans des petits voyages cette précaution peut être ſuffiſante, parceque les erreurs qu'on y commêt n'y ſont presque d'aucune conſéquence, mais dans des longs voyages, ces petites erreurs peuvent s'accumuler au point, qu'à la fin on ſe trompe très groſſièrement, de maniere que le lieu où l'on ſe trouve effectivement différe conſidérablement de celui, où l'on s'imagine ſe trouver ſur la carte.

Jusqu'ici j'ai ſuppoſé que le voyage ſe fait aſſés paiſiblement: qu'on s'imagine maintenant qu'il ſurvient une groſſe tempête, pendant laquelle le vaiſſeau eſt aſſujetti aux plus fortes ſecouſſes tant du vent que des flôts; alors il eſt bien clair que toute l'éſtime de la longueur & de la route du chemin eſt entierement dérangée,

& qu'il n'eſt abſolument plus poſſible de tracer ſur la carte le chemin qu'on aura parcourru.

On pourroît bien après un tel dérangement déterminer par des obſervations aſtronomiques la latitude du lieu où l'on ſe trouve, mais cela ne découvriroit que le parallele de ce lieu, & on reſteroit encore toujours très incertain ſur le point de ce parallele qui répond au lieu du vaiſſeau.

Tout révient donc à reconnoître auſſi la longitude de ce lieu, qui nous montre le méridien ſous lequel il eſt ſitué: & alors l'interſection de ce méridien avec le parallele trouvé, donnera le veritable endroit du vaiſſeau. V. A comprend par là, combien il eſt important de mettre les pilotes en état de découvrir auſſi la longitude du lieu où ils ſe trouvent.

Or ce ne ſont pas non ſeulement les tempêtes qui nous mettent dans cette néceſſité; même lorsque le voyage ſe fait paiſiblement, on peut ſe tromper très groſſierement dans l'eſtime tant de la route que de la longueur du chemin. Si l'on pouvoit ſuppoſer que la mèr fût en répos, alors on auroit bien des moyens de s'aſſurer aſſés exactement de la route & de la longueur du chemin, quoiqu'en des voyages de long cours, cela pourroit cauſer des aberrations très conſiderables. Mais il n'eſt que trop certain que la mèr a en pluſieurs endroits des rapides courrans, de ſorte qu'elle reſſemble à une riviere qui

ourt

court ſuivant une certaine direction. C'eſt ainſi qu'on a obſervé que la mer Atlantique coule continuellement par le detroit de Gibraltar dans la méditerranée ; & le grand Ocean Atlantique entre l'Afrique & l'Amerique a un courant très-conſiderable de l'orient vers l'occident, de ſorte qu'on va beaucoup plus promtement de l'Europe en Amerique qu'on n'en revient.

Si ces courrans étoient conſtans & connûs, ce ſeroit un grand ſecours pour y régler notre éſtime ; mais on a obſervé qu'ils ſont tantôt plus, tantôt moins rapides, & qu'ils changent ſouvent de direction ; ce qui dérange tellement l'éſtime des plus habiles pilotes, qu'on ne ſauroit plus s'y fier ſans s'expoſer au plus grand danger. On n'a que trop d'exemples, que des vaiſſeaux ont crû être encore fort éloignés des endroits remplis d'écueils cachés ſous la mer, lorſqu'ils y ſont échoués & péris. Enſuite on s'eſt apperçû que les courans de la mer avoient cauſés ces malheurs, entant que l'eſtime des pilotes en a été dérangée.

En effet lorsque la mer elle même, a un mouvement dont elle coule comme une riviere ſuivant une certaine direction, les vaiſſeaux qui s'y trouvent en ſont emportés, ſans qu'il ſoit poſſible de s'en appercevoir. Quand on eſt emporté par une riviere on s'en apperçoit aiſément en régardant le rivage, ou bien le fond de la riviere : mais en mer on ne voit aucune terre,

& la profondeur en eſt auſſi trop grande pour en pouvoir voir le fond. Il n'y a donc pas moyen de s'appercevoir ſur mer ſi l'on en eſt emporté, & c'eſt par cette raiſon, qu'on ſe trompe très groſſierement, tant dans la route, que dans la longueur du chemin. Soit donc qu'on ait égard aux tempêtes ou non, on eſt toujours obligé de chercher d'autres moyens, pour déterminer la longitude des lieux où l'on parvient; & c'eſt ſur les divers moyens qu'on a propoſé jusqu'ici, pour parvenir à cette connoiſſance de la longitude, que j'aurai l'honneur d'entretenir V. A.

le 12 Septembre 1761.

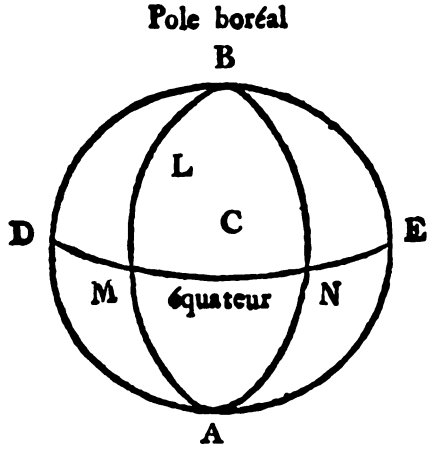
LETTRE CLXIII.

Un moyen très ſur de trouver la longitude ſeroit une horloge, ou montre, ou pendule ſi parfaite, c'eſt à dire qui marcheroit toujours ſi également & exactement, qu'aucune ſécouſſe, qu'elle éprouveroit en voyageant, ne ſeroit capable d'en alterer le mouvement.

Suppoſons qu'on ſoit parvénu à executer une telle horloge, & faiſons voir, comment par ſon moyen on ſéroit en état de réſoudre le problème des longitudes. Pour cet effet je dois retourner à la conſideration des méridiens, qu'on conçoit être tirés par tous les lieux de la terre.

V.

V. A. ſçait, que le Soleil fait tous les jours un tour autour de la terre, & qu'il paſſe par conſéquent ſucceſſivement au déſſus de tous les méridiens dans le tems de vingt-quatre heures.



Pole méridional.

Or on dit que le Soleil paſſe *au deſſus* ou *par* un certain méridien, ſi la ligne droite tirée du Soleil au centre de la terre C paſſe préciſément par ce méridien. Ainſi ſi, à préſent, la ligne tirée du Soleil au centre de la terre paſſoit par le méridien B L M A, on diroit que le Soleil paſſe par ce méridien, & alors il ſeroit midi en tous les lieux ſitués ſous ce méridien: mais ſous tout autre méridien, il ne ſeroit pas midi dans ce même moment; il ſeroit donc ou avant, ou après midi.

Si

Si le méridien B N A eſt ſitué plus vers l'orient que le méridien B M A : le Soleil en faiſant ſon tour de l'orient à l'occident paſſera par le méridien B N A avant que de parvenir au méridien B M A, il ſera donc plutôt midi ſous le méridien B N A que ſous le méridien B M A ; par conſequent lorsqu'il ſera midi ſous ce dernier méridien, le midi ſera deja paſſé ſous tout autre méridien ſitué vers l'orient, où il ſera déjà après midi. Au contraire il ſera encore avant midi ſous tout méridien B D A ſitué plus vers l'occident, par ce que le Soleil n'y parvient qu'après avoir déjà paſſé par le méridien B M A.

Enſuite comme le mouvement du Soleil ſe fait uniformement, & qu'il acheve le tour entier de la terre, c'eſt à dire 360 dégrés en vingt-quatre heures, il parcourrera chaque heure un arc de 15 dégrés. Donc lorsqu'il eſt midi ici à Berlin, & à tout autre lieu ſitué ſous ce même méridien, le midi ſera déjà paſſé ſous les méridiens ſitués plus vers l'orient ; & en particulier ſous le méridien éloigné vers l'orient de 15 dégrés de celui de Berlin, il ſera déjà un heure ; ſous le méridien éloigné de 30 dégrés, deux heures ; ſous le méridien éloigné de 45 dégrés, trois heures après midi &c. & ainſi de ſuite. Le contraire arrivera aux lieux ſitués ſous des méridiens plus occidentaux que celui de Berlin : & s'il eſt midi ici, il ne ſera que 11 heures avant midi ſous le méridien éloigné

de 15 dégrés; 10 heures avant midi ſous
néridien éloigné de 30 dégrés; 9 heures
t midi ſous le méridien éloigné de 45 dé-
vers l'occident, & ainſi de ſuite; une dif-
ıce de 15 dégrés entre les méridiens, produiſant
ours une heure de différence dans le tems.

Pour éclaircir encore mieux, ce que nous
ns de dire, conſiderons les deux villes de
in & de Paris: & puisque le meridien de
in eſt de 11 dégrés 7 min. 15 ſec. plus
l'orient que celui de Paris, en comptant
heure pour 15 dégrés, cette diff'rence de
dégré 7. min. 15 ſec. donnera 44 minutes
9 ſecondes de tems ou à peu près trois
ts d'heures. Donc lorsqu'il eſt midi à Paris,
aura à Berlin déjà 44 min. 29. ſec après
, & réciproquement, lorsqu'il eſt midi ici
erlin, il ſera encore avant midi à Paris, où
loge ne montrera que 11 heures 15 min.
ſec.; de ſorte que le midi n'y arrivera qu'a-
44 min. 29 ſec. de tems. D'où l'on voit
chaque moment les horloges à Berlin doivent
ıtrer plus qu'ils ne ſont à Paris, & que cette
rence doit faire 44′ 29″ de tems.

La difference entre les méridiens de Berlin
le Magdebourg eſt d' 1 dégré 14 min. dont
lin eſt plus oriental que Magdebourg: cette
rence réduite en tems, donne 6 minutes 40
ndes, que les horloges de Berlin doivent
quer plus que ceux de Magdebourg. Par
con-

conſequent s'il eſt midi à Magdebourg, ou ſi les horloges, que je ſuppoſe être bien réglées, y marquent XII heures, les horloges de Berlin doîvent marquer au même inſtant 12 heures 6 min. 40. ſec. de ſorte qu'il y faſſe déjà après midi.

V. A. voit de là qu'à méſure que les lieux différent en longitude, ou qu'ils ſont ſitués ſous des méridiens différens, les horloges bien reglées y doivent auſſi marquer des heures différentes au même inſtant, & que cette différence doit être d'une heure entiere, lorsque la différence en longitude eſt de 15 dégrés: chaques 15 dégrés en longitude produiſant une heure de tems pour la différence que des horloges bien réglées doivent marquer dans ces différens endroits au même moment.

Si l'on vouloît donc ſe ſervir d'une horloge pour trouver la longitude des endroits par les quels on paſſe, il faut d'abord la bien régler en quelque endroit qu'on ſe trouve: ce Réglement ſe fait ſur l'obſervation du midi, qui eſt le moment, où le Soleil paſſe par le méridien de ce lieu, & alors l'horloge doit montrer préciſement XII heures. Enſuite l'horloge doit être tellement ajuſtée, que toujours après vingt-quatre heures, lorsque le Soleil rétourne au même meridien (*), l'indice après avoir fait deux tours entiers révienne exactement ſur XII heures: ſi cela eſt

(*) Selon le moyen mouvement: *voyez* la note pag. 48.

eſt bien obſervé, de tels horloges bien réglées ne ſeront d'accord en différens endroits, que lorsqu'ils ſont ſitués ſous un même méridien; mais lors qu'ils ſont ſitués ſous des meridiens différens ou qu'il y a une différence entre leurs longitudes, les tems que les horloges marqueront au même moment ſeront auſſi différens; en ſorte qu'à chaque différence de 15 dégrés en longitude, il réponde une heure entiere de différence dans les tems marqués par les horloges.

Donc réciproquement, en connoiſſant cette différence entre les tems que des horloges bien réglées marquent en différens endroits, au même inſtant, on en conclura aiſément la différence qui ſe trouve entre leurs longitudes, en comptant toujours 15 dégrés pour une heure & un quart de dégré pour une minute.

le 15 Septembre 1761.

LETTRE CLXIV.

V. A. ſera d'autant moins ſurpriſe de la différence du tems, que les horloges bien réglées doîvent indiquer ſous différens méridiens, quand Elle voudra bien réflechir, que lorsqu'il eſt midi chez nous, il-y-a des païs vers l'orient, auxquels le Soleil ſe couche déjà &, que vers l'occident il y en a où le Soleil ne fait que de ſe léver: il faut donc bien, qu'auprès de ceux là il ſoit deja Soir, tandis qu'auprès de ceux-ci il eſt encore matin, & que ce-ci ſoit au même inſtant

inſtant qu'il eſt midi chez nous. Enſuite V. ſait auſſi que chez nos Antipodes, qui ſe tr vent ſous le méridien oppoſé au nôtre, il nuit pendant qu'il fait jour chez nous; de ſo que lorſqu'il eſt midi chez nous, il ſera mi chez eux.

Après ces éclairciſſemens, il me ſera de faire voir, comment une bonne horloge p ſervir à nous faire connoître la différence méridiens, ou bien la différence en longitude divers endroits.

Suppoſons pour cet effet que j'aie une t excellente horloge, qui étant une fois bien glée, montre tous les jours exactement le tems juſte qu'il fait ici à Berlin, de ſorte que to les fois, qu'il eſt midi à Berlin, elle indi préciſement XII heures: ſuppoſons encore qu'e marche ſi régulierement, que je n'aye plus ſoin d'y toucher, après l'avoir réglée une fo enfin que ſa marche ne ſoit point dérangée que je la mêtte dans une voîture, ſoit qu'e ſoit à bord d'un vaiſſeau en pleine mer, expo à des ſecouſſes & à toutes ſortes d'agitations.

Maintenant que je faſſe avec cette horl un voyage ſoit par terre ſoit par mer, & ét parfaitement aſſuré que cette horloge conſer toujo

(*) Ici il faut entendre le tems moyen, dont le rapp au tems vray eſt connû par les tables Aſtronomiq L'auteur a crû ſe diſpenſer de faire ici cette diſtinct qui l'auroit méné dans des détails trop longs.

toujours le même mouvement, tout comme si j'étois resté à Berlin, elle me marquera chaque jours XII heures au même moment qu'il fait midi à Berlin, & cela en quelque lieu que je puisse me trouver. Dans ce voyage j'arrive d'abord à Magdebourg: J'y observe le Soleil lorsqu'il passe par le méridien, ce qui arrive lorsqu'il se trouve exactement vers le Sud; & puisque dans ce moment il fait midi à Magdebourg, je régarde mon horloge & je m'apperçois qu'elle montre alors, 12 heures 6 min. 40 sec. d'où je conclus, que quand il est midi à Magdebourg, il est déjà après midi à Berlin & que la différence est 6′. 40″ de tems, qui répondent à 1°. 40′, dont le méridien de Magdebourg est plus vers l'occident que celui de Berlin. Donc puisque la longitude de Berlin est 31°. 7′. 15″, la longitude de Magdebourg sera de 1°. 40′, plus petite ou bien elle sera 29°. 27′. 15″.

Delà je vais à Hambourg, avec mon horloge, à laquelle je ne touche point, & y observant le midi (car je ne me fierois pas aux horloges publiques, qui y marquent les heures) je vois que mon horloge marque déjà 12 heures 13′. 33″, de sorte qu'à Berlin il est déjà 13′. 33″. après midi, lorsqu'il est midi à Hambourg; & delà je conclus que le méridien de Hambourg est de 3°. 23′. 15″, plus vers l'occident que celui de Berlin: en comptant 15° pour une heure, & par consequent un dégré pour 4 minutes de tems, d'où l'on trouve que 13′ 33″ de tems donnent 3°. 23′. 15″,

pour la difference des méridiens. La longitude de Hambourg ſera donc 27°. 44′.

A Hambourg je m'embarque ſur un vaiſſeau avec mon horloge, & ayant fait un long voyage, j'arrive à un lieu, où attendant le midi (dont je détermine le moment par mes obſervations du ſoleil), je vois que mon horloge ne montre que 10ʰ. 58′. 15″; deſorte qu'à Berlin il eſt encore avant midi dans ce moment, la difference étant 1ʰ. 1′, 45″; d'où je conclus, que le lieu où je ſuis arrivé, eſt plus vers l'orient que Berlin & puisque 1 heure donne 15 degrés, une minute de tems 15′, & 45″ de tems 11′. 15″, la difference des méridiens ſera 15°. 26′. 15″. Je me trouve donc dans un lieu ſitué plus vers l'orient que Berlin, dont la longitude eſt de 15°. 26′. 15″, plus grande que celle de Berlin; la quelle étant 31°. 7′. 15″, la longitude du lieu où je me trouve ſera 46°. 33′. 30″. Ainſi je ſais ſous quel méridien je me trouve, mais je ſuis encore incertain du point de ce méridien. Pour cet effet j'ai recours aux obſervations Aſtronomiques, & je cherche la hauteur du pole que je trouve préciſement de 41°. Sachant de plus que je ſuis encore dans l'hemiſphere boréal de la terre, n'ayant point paſſé l'équateur, j'apprens que je me trouve actuellement dans un lieu dont la latitude eſt de 41° boréale, & la longitude 46°. 33′. 30″; je prends donc des cartes Géographiques, j'y trace le méridien dont la longitude eſt 46°. 33′. 30″; je cherche le lieu dont la lati-

titude eſt 41°, & je trouve que ce lieu eſt la lle de Conſtantinople, ſans que j'aïe eu beſoin e m'informer du nom de la ville à qui que ſoit.

De la même maniere en quelqu'endroit de terre, que je parvienne avec mon excellente orloge, j'en déterminerai la longitude, & enaite l'obſervation de la hauteur du pole m'en ontrera auſſi la latitude. Alors je n'ai qu'à rendre un globe terreſtre, ou de bonnes Cares Géographiques, & il me ſera aiſé de marquer le point, qui répond au lieu où je me rouve, quelqu'inconnu que me ſoit d'ailleurs e païs.

Cependant on eſt bien à plaindre que les plus habiles horlogers n'ayent pas encore pu réuſſir à faire d'auſſi excellentes horloges, que cette methode exige. On trouve bien des très bonnes pendules, mais elles ne marchent régulierement, que tant qu'elle ſont fixées dans un appartement tout à fait tranquille; les moindres ſecouſſes & même les plus legers ébranlemens étant capables e les déranger: ces pendules ſont donc abſolument inutiles pour les voyages. Auſſi comprendra aiſement, que le mouvement du pendule qui i regle la marche, ne ſauroit ſouffrir les agitations aux quelles il ſeroit expoſé dans le voyage. Cependant il y a environ dix ans, qu'un ourrier en Angleterre s'eſt vanté d'avoir conſtruit ne telle horloge, qui n'étoit pas ſenſible aux ecouſſes du voyage, & on a même prétendu,

qu'après l'avoir fait longtems courir dans un carosse, on n'y avoit pas rémarqué le moindre dérangement ; surquoi on a effectivement payé à l'inventeur une partie du prix destiné à la découverte de la longitude, & le reste lui devoit être payé, après qu'on auroit fait l'épreuve dans un long voyage par mer ; mais depuis ce tems les gazettes n'en ont plus parlé ; d'où il est à présumer, que cette entreprise a aussi bien echoué que quantité d'autres, qu'on à fait pour ce dessein.

le 19. Septembre 1761.

LETTRE CLXV.

Au défaut d'une si excellente horloge, dont j'ai eu l'honneur de présenter une idée à V. A. on a régardé jusqu'ici les éclipses de Lune comme le plus sûr moyen pour découvrir les longitudes ; mais il est dommage que ces phénomenes arrivent si rarement, & qu'on ne puisse pas s'en servir toutes les fois qu'on en a besoin.

V. A. sait, que la Lune s'éclipse, lorsqu'elle passe par l'ombre de la terre : quand cela arrive, on peut remarquer le moment où la Lune commence à s'enfoncer dans l'ombre de la terre, de même que le moment où elle en sort ; le premier moment est nommé le commencement de l'éclipse, & l'autre la fin ; & quand on observe tous ces deux momens, le tems moyen entr'eux est nommé le milieu de l'eclipse. Quelque foi

la Lune s'enfonce toute entiere dans l'ombre de la terre, & demeure pendant quelque tems tout à fait inviſible; une telle éclipſe eſt appellée totale, & alors on peut remarquer encore deux momens, celui où la Lune diſparoit entierement, & celui ou elle recommence à ſortir de l'ombre; celui là eſt nommé le commencement de l'obſcuration entiere, & celui-ci la fin de l'obſcuration entiere. Mais quand ce n'eſt qu'une partie de la Lune qui eſt obſcurcie, une telle éclipſe eſt nommée partiale & on n'y remarque que les momens du commencement & de la fin. Dailleurs V. A. ſait que les éclipſes de Lune n'arrivent qu'aux tems des pleines lunes & cela aſſés rarement.

Cela poſé, quand on obſerve une éclipſe de Lune en deux lieux diffrens & ſitués ſous différens méridiens, on y verra bien le commencement de l'eclipſe au même moment, mais les horloges de ces lieux ne marqueront pas la même heure ou le même tems: je parle des horloges bien reglées, dont chacune montre préciſement XII. heures, lorsqu'il eſt midi au lieu, ou elle ſe trouve. Si les deux lieux ſont ſitués ſous le même méridien, les horloges montreront bien le même tems, tant au commencement qu'à la fin de l'éclipſe: mais ſi les deux méridiens ſont éloignés l'un de l'autre de 15 degrès, ou que la difference de leurs longitudes ſoit, de 15°, les horloges doivent differer d'une heure entiere, tant au commencement qu'à la fin

de l'éclipſe ; l'horloge du lieu ſitué plus vers l'orient montrera une heure de plus, ou plus tard que l'autre ; de même une difference de 30°, en longitude cauſera une difference de deux heures dans le tems marqué par les horloges ; une différence de 45° en longitude, cauſera une difference de trois heures dans le tems, & ainſi de ſuite ſelon la - table ci-jointe.

Difference en longitude en dégrés	Difference en longitude en heures
15	1.
30	2.
45	3.
60	4.
75	5.
90	6.
105	7.
120	8.
135	9.
150	10.
165	11.
180	12.

L'on voit par là que ſi la difference en longitude étoit de 150°, les horloges differeroient de 10 heures tant au commencement qu'à la fin de l'éclipſe.

Ainſi réciproquement quand on obſerve la même éclipſe en deux lieux différens & qu'on marque

marque exactement le tems de l'horloge au moment du commencement de l'éclipſe, on pourra conclure de la difference entre ces tems marqués, combien ces lieux different en longitude. Or, celui où le tems eſt plus avancé, ſera ſitué plus vers l'orient, & par conſequent ſa longitude plus grande, puiſqu'on compte les longitudes de l'occident à l'orient.

C'eſt auſſi par ce moyen qu'on a déterminé la longitude des principaux lieux de la terre, & qu'on a dreſſé conformément à ces déterminations les Cartes Géographiques. Mais il falloit toujours comparer les obſervations faites dans un lieu dont la longitude n'étoit pas encore connue, avec celles qui ont été faites dans un lieu connû, & par cette raiſon, il falloit attendre jusqu'à ce qu'on ait pu faire cette comparaiſon. Donc ſi j'étois parvenû, après un long voyage, à un lieu inconnu & qu'il s'y préſentât l'occaſion d'obſerver une éclipſe de Lune, cela ne me ſerviroit encore de rien pour connoître ma longitude au moment; je devrois attendre que je fuſſe de rétour, pour pouvoir comparer mon obſervation avec une autre faite dans un lieu connû & ainſi j'apprendrois trop tard où j'avois été alors. Or je ſouhaiterois de me pouvoir éclaircir là deſſus ſur le champ, pour y régler mes meſures.

Mais auſſi à cet égard on peut être ſatisfait, depuis qu'on connoit ſi exactement le mouve-

ment de la Lune, qu'on eſt en état non ſeulement de prédire toutes les éclipſes, mais de marquer auſſi le moment tant du commencement que de la fin, ſelon l'horloge d'un lieu connû. V. A. ſçait, que nos Almanacs de Berlin marquent toujours pour chaque éclipſe le commencement & la fin, ſelon l'horloge de Berlin. Donc qui veut faire un long voyage, peut acheter un Almanac de Berlin, & quand il trouve occaſion, dans un lieu inconnû, d'obſerver une éclipſe de Lune & d'en marquer exactement le tems ſelon une montre qu'il aura bien reglée dans cet endroit par le midi, il n'a qu'à comparer les momens du commencement & de la fin de l'éclipſe avec ceux de l'Almanac, pour s'aſſurer de la différence entre le méridien de Berlin & celui qui paſſe par ce lieu, où il ſe trouve actuellement.

Cependant dans cette methode, outre l'inconvenient, que les éclipſes de Lune arrivent très rarement, il s'en trouve encore un autre, qui eſt, qu'on ne peut pas aſſés exactement diſtinguer le moment, quand l'éclipſe commence ou finit, puiſque cela arrive presque inſenſiblement, & qu'on pourroit bien ſe tromper de pluſieures ſecondes de tems. Mais puisque l'erreur ſera à peu près la même pour la fin & le commencement, on cherche le milieu entre les deux momens obſervés, qui ſera le milieu de l'éclipſe, & on compare enſuite ce milieu avec celui que l'Almanac marque pour Berlin, ou pour un autre lieu connû.

Au

Au reſte, dans le cas où les Almanacs pour l'année prochaine ne ſeroient pas encore imprimés, quand quelqu'un veut voyager, ou que ſon voyage pourroit durer quelques années de ſuite, on trouve d'autres livres où les Eclipſes ſont déja calculées pour pluſieurs années de ſuite.

le 22. Sept. 1761.

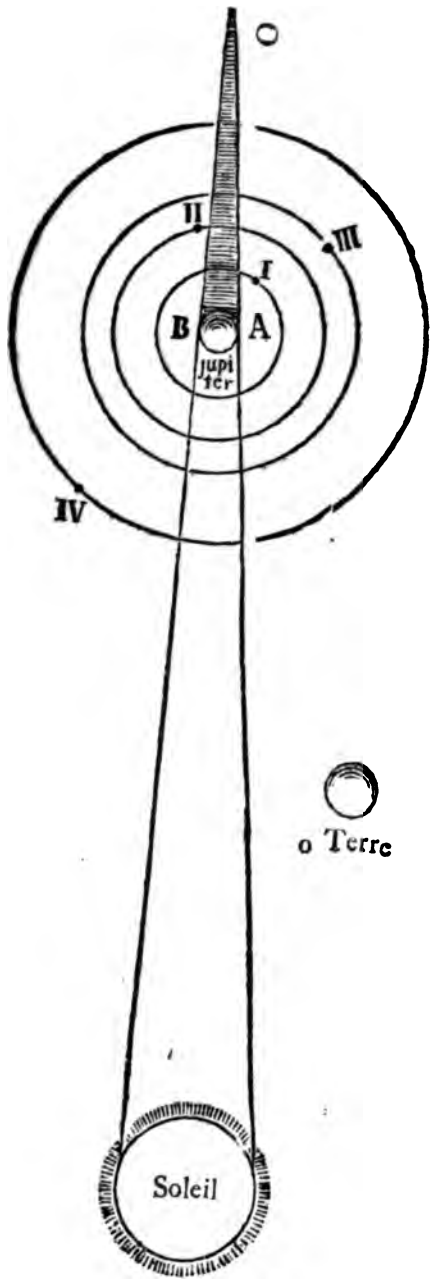
LETTRE CLXVI.

Les Eclipſes de ſoleil peuvent auſſi ſervir à déterminer les longitudes, mais d'une autre maniere, qui demande des recherches plus profondes. La raiſon eſt que le ſoleil lui même ne ſouffre alors aucun obſcurciſſement; ce n'eſt que la Lune qui ſe met devant le ſoleil, & empêche les rayons de parvenir ju qu'à nous: il en eſt à peu près de même, ſi je mettois mon chapeau devant le ſoleil pour me garantir de ſa lumiere, ce qui n'empeche pas que d'autres n'en voient tout l'éclat. Auſſi la Lune ne couvre le ſoleil qu'à une partie des habitans de la terre, & nous pouvons voir ici à Berlin un éclipſe du ſoleil, pendant qu'à Paris la lumiere du ſoleil ne ſouffre aucun affoibliſſement.

Mais la Lune eſt réellement éclipſé par l'ombre de la terre, & ſa propre lumiere en eſt diminuée ou éteinte, de là il arrive que les éclipſes de Lune ſont vuës de la même maniere & par tout où la Lune ſe trouve ſur l'horizon au tems de l'éclipſe.

V. A. comprend par là que s'il y avoit encore d'autres corps au ciel qui ſouffriſſent de tems en tems quelque obſcurciſſement réel, ils pourroient être emploïés avec le même ſuccés que les éclipſes de Lune, pour déterminer les longitudes. Or de tels corps, ſont les Satellites de Jupiter qui paſſent même ſi ſouvent dans l'ombre de leur Planete, qu'il ne ſe paſſe presque point de nuit, qu'il n'y en ait un d'éclipſé; de ſorte que les eclipſes des Satellites de Jupiter nous fourniſſent un moïen très propre à déterminer les longitudes; auſſi les Aſtronomes s'en ſervent ils avec un bon ſuccès.

V. A. ſait, que Jupiter a quatre Satellites qui font leur révolutions autour de lui, chacun dans ſon orbite, comme je l'ai répreſenté ici par les cercles décrits autour de Jupiter: j'y ai auſſi répréſenté le ſoleil pour marquer l'ombre A O B derriere le corps de Jupiter. D'où l'on voit que dans notre figure le premier Satellite marqué I eſt prêt d'entrer dans l'ombre, le ſecond marqué II vient d'en ſortir, le troiſieme III eſt encore fort eloigné d'entrer dans l'ombre, & le quatrieme IV en eſt ſorti, il y a longtems.


O
II
III
I
B
A
jupi
ter
IV
o Terre
Soleil

Dès qu'un des Satellites entre dans l'ombre, il devient invisible & cela arrive assez promtement; de sorte qu'en quelqu'endroit que se trouve la terre, on voit subitement évanouïr le Satellite, qu'on avoit vû jusques là assés distinctement. Une telle entrée d'un Satellite dans l'ombre de Jupiter est nommée Immersion & sa sortie de l'ombre une Emersion; c'est alors qu'on voit reparoitre subitement le Satellite qui à été invisible pendant quelque tems.

Tant les Immersions que les Emersions sont également propres à déterminer les longitudes, puisqu'elles arrivent dans un moment de tems marqué; de sorte que quand on observe un tel phénomene en plusieurs lieux differens de la terre, on doit trouver dans les tems marqués selon les horloges de chaque lieu, autant de difference, que la différence entre les méridiens exige: Il en est de même, que si l'on observoit le commencement ou la fin de quelque éclipse de Lune; & la chose alors n'a plus aucune difficulté; on est déjà depuis quelque tems parvenû à prédire ces éclipses des Satellites de Jupiter, c'est-à-dire leurs Immersions & leurs Emersions, & on n'a qu'à comparer le tems observé avec le tem calculé pour un lieu connû, comme pour Berlin, pour en conclure d'abord l'éloignement de son méridien de celui de Berlin.

Aussi se sert on de cette méthode par tout dans les voyages par terre; mais tant qu'on est

dans

dans un vaiſſeau, où les beſoins ſont les plus preſſans, on n a pas encore trouvé moyen de profiter de cette méthode, pour être bien aſſuré du lieu ou l'on eſt. Si l'on pouvoit voir avec les yeux les Satellites de Jupiter auſſi bien que la Lune, la pratique de cette méthode n'auroit aucune difficulté par mer; mais puisqu'on ne ſauroit voir les Satellites de Jupiter qu'au travers d'une Lunette de 4 ou 5 pieds au moins, cette circonſtance cauſe un obſtacle invincible.

V. A. ſait, que quand on ſe ſert par terre d'une Lunette un peu longue, combien il faut d'adreſſe pour la diriger vers l'objet qu'on veut contempler, & pour la tenir fixe, afin qu'on ne perde pas l'objet; elle en conclura aiſément, que ſur mer, où le vaiſſeau ſe trouve dans une agitation continuelle, il doit être presque impoſſible de découvrir ſeulement Jupiter; & quand même on l'auroit trouvé, on le perdra de vue au même inſtant. Mais pour bien obſerver une Immerſion ou Emerſion de quelque Satellite de Jupiter, il faut abſolument qu'on le puiſſe regarder paiſiblement pendant quelque tems; ce qui n'étant pas poſſible par mer, il ſemble qu'on doive renoncer à cette methode de déterminer les longitudes.

Cependant il y a deux moyens de remedier à cet inconvénient; le premier de trouver des Lunettes fort courtes; par exemple de ſix pouces ou encore moins, qui nous découvriroient aſſés diſtin-

distinctement les Satellites de Jupiter : car il n'y a aucun doute qu'il ne ſoit beaucoup plus aiſé de manier de ſi petites Lunettes que d'autres de quatre à cinq pieds de long. On travaille actuellement avec le plus grand ſuccès à cette perfection des Lunettes, & il y a grande apparence qu'on [illegible]ais c'eſt à ſavoir ſi de telles Lun[illegible]nées ne demanderont pas autant d'[illegible]les diriger, que les ordinaires, q[illegible]ngues.

L'autre m[illegible]: ſe mênager un tel ſiege fixe & [illegible]: vaiſſeau, qui n'en reſſentit poin[illegible]s; il ſemble qu'un adroit balancement pourroit conduire à ce but. En effet, il n'y a pas longtems que nous avons lu dans les gazettes, qu'un Anglois prétendoit avoir inventé un tel ſiege ou chaiſe, & qu'il prétendoit par là auſſi au prix propoſé ſur la découverte des longitudes. Il avoit raiſon, puiſque par ce moyen on pourroit obſerver en mer les Immerſions & Emerſions des Satellites de Jupiter, qui ſont ſans doute très propres pour déterminer les longitudes : mais depuis ce tems, on n'en a plus rien entendu. V. A. jugera aiſément d'après cela, à combien de difficultés eſt aſſujettie la découverte des longitudes.

le 26. Sept. 1761.

LET-

LETTRE CLXVII.

Le ciel nous fournit encore une reſſource pour parvenir à la découverte des longitudes, ſans que nous ayons beſoin de Lunettes, & il ſemble que les Aſtronomes y mettent la plus grande confiance. C'eſt la Lune qui doit ſervir à ce deſſein, & cela non ſeulement quand elle eſt éclipſée, mais même toujours, pourvuqu'elle ſoit viſible; ce qui eſt ſans doute le plus grand avantage, puiſque les éclipſes arrivent trop rarement, & que les Immerſions & Emerſions des Satellites de Jupiter n'arrivent pas non plus à notre gré: puiſqu'il s'écoule tous les ans un tems aſſés conſiderable, pendant lequel la planete de Jupiter n'eſt pas viſible, au lieu que la Lune s'offre presque toujours à notre vuë.

V. A. aura ſans doute déjà remarqué, que la Lune ſe leve tous les jours plus tard presque de trois quarts d'heure. La raiſon en eſt, que la Lune n'eſt pas attachée à un lieu fixe port aux étoiles fixes qui conſervent toujours la même ſituation entr'elles, quoiqu'elles paroîſſent emportées par le ciel, pour achever chaque jour une révolution autour de la terre. Je parle ici ſelon les apparences; car en effet, c'eſt la terre qui tourne tous les jours autour de ſon axe, & le ciel & les étoiles fixes demeurent en repos; tandis que le ſoleil & les planetes changent continuellement de place à l'égard des étoiles fixes. Or la Lune eſt aſſujettie aux plus grands

parmi

parmi les étoiles, mais que d'un jour à l'autre elle change très conſiderablement de place, par rapchangemens, & c'eſt préciſement ce qui la rend propre à déterminer les longitudes.

Si aujourd'huy on voit la Lune près d'une certaine étoile fixe, demain à la même heure, elle en paroîtra très conſiderablement eloignée vers l'orient, & quelques fois la diſtance ſurpaſſe même 15 dégrés. La viteſſe de ſon mouvement n'eſt pas toujours la même, cependant on eſt parvenu à la déterminer très exactement pour tous les jours; ce qui nous met en état de connoître d'avance ſa vraie place dans le ciel pour toutes les heures de chaque jour, en rapportant les heures aux horloges qui ſont ſous un certain méridien connû, tel par exemple qu'eſt celui de Berlin, ou de Paris.

Cela établi, ſuppoſons, qu'après un long voyage, je me trouve en mer dans un lieu tout à fait inconnû, & voyons comment je pourrai me ſervir de la Lune pour connoître la longitude de mon lieu; car pour la latitude la choſe n'a aucune difficulté, ni même ſur la mer, où l'on connoit des moyens aſſés ſurs pour obſerver la hauteur du pole, à la quelle la latitude eſt toujours égale. Je dirigerois donc toute mon attention ſur la Lune, je la comparerois avec les étoiles fixes, qui lui ſont les plus proches, & delà je concluerois ſon vrai lieu au ciel, par rapport aux étoiles fixes. V. A. ſait qu'on a des

Globes

Globes céleſtes, ſur leſquels toutes les étoiles fixes ſont marquées, & qu'on fait auſſi des Cartes céleſtes ſemblables aux Cartes Géographiques, ſur leſquelles on répréſente les étoiles fixes, qui ſe trouvent dans une certaine partie du ciel. En prenant donc une telle Carte céleſte, où les étoiles fixes, dont la Lune eſt voiſine, ſont exprimées, il me ſera aiſé d'y marquer le vrai lieu où la Lune ſe trouve alors; & ma montre, que j'aurai bien reglée à ce lieu, après y avoir obſervé le midi, me marquera le tems de cette obſervation. Enſuite par la connoiſſance du mouvement de la Lune, je calcule pour Berlin à quelle heure la Lune a dû paroitre au même lieu du ciel, où je l'ai vûe. Si le tems obſervé convient parfaitement avec le tems de Berlin, ce ſera une marque que mon lieu eſt exactement ſous le méridien de Berlin, & que par conſequent la longitude eſt la même. Mais ſi le tems de mon obſervation eſt différent de celui de Berlin, cette différence m'indiquera celle qui eſt entre les méridiens; & comptant 15 degrès pour chaque heure de tems, je concluerai de combien la longitude de mon lieu eſt ou plus grande ou plus pétite que celle de Berlin: toujours la longitude du lieu qui a le tems le plus avancé, étant auſſi la plus grande.

Voilà le précis de cette méthode de déterminer les longitudes par les ſimples obſervations de la Lune. Or pour mieux réuſſir dans cette operation, je remarque que les plus heureux mo-

mens pour bien déterminer le lieu de la Lune ſont, lorsqu'une étoile fixe ſe cache derriere la Lune; on nomme cela une occultation, & il y a deux momens à obſerver, celui où la Lune par ſon mouvement couvre l'étoile & l'autre où l'étoile reparoit. Les Aſtronomes ſont très attentifs à bien ſaiſir ces momens des occultations pour en conclure le vray lieu de la Lune.

Au reſte je m'attens à une Objection que V. A. me fera à l'égard de la montre ou de l'horloge, dont je ſuppoſe muni notre obſervateur par mer; après avoir ſoutenu l'impoſſibilité des horloges parfaites qui marchent toujours également nonobſtant les ſecouſſes du vaiſſeau. Mais cette impoſſibilité ne regarde que de telles horloges, qui demeurent juſtes pendant un très long intervalle de tems, ſans qu'on ait béſoin de les regler: or pour les obſervations dont il s'agit ici, une montre ordinaire peut être ſuffiſante, pourû qu'elle marche uniformement pendant quelques heures, après l'avoir bien reglée ſur le midi du lieu où l'on ſe trouve; quand on doute que l'on y puiſſe encore compter le ſoir ou la nuit, lorsqu'on obſervera la Lune, les étoiles nous fourniront auſſi des moyens très ſurs pour la regler de nouveau. Car puisque la ſituation du Soleil par rapport aux étoiles fixes nous eſt parfaitement connue pour tout tems, une ſeule obſervation de quelque étoile ſuffit pour déterminer le lieu où le Soleil ſe doit trouver alors, d'où nous pouvons conclure l'heure que l'horloge, quand elle eſt bien reglée,

reglée, devroit montrer. Ainſi au même inſtant où nous aurons fait l'obſervation de la Lune nous ſommes en état de regler auſſi notre montre par les étoiles, & pendant un ſi petit intervalle de tems toute montre eſt cenſée marcher régulierement.

le 29 Sept. 1761.

LETTRE CLXVIII.

Parmi ces differentes méthodes de trouver les longitudes, la derniere fondée ſur les obſervations de la Lune ſemble mériter la préférence, puisque les autres, ou ſont aſſujetties à trop de difficultés, ou bien l'occaſion de s'en ſervir ſe préſente trop rarement. Or V. A. comprendra aiſément que le ſuccès de cette méthode dépend uniquement du dégré de préciſion qu'on atteint dans ces opérations, & que les erreurs qu'on y commêt, doîvent conduire à des concluſions, ſur leſquelles on ne ſauroit compter. Il ſera donc fort important d'expliquer à V. A. à quel dégré de préciſion, on peut eſperer d'atteindre en mettant en uſage cette méthode; laquelle étant fondée ſur le changement conſiderable que la Lune éprouve dans ſon lieu d'un jour à l'autre, nous en pouvons conclure, que ſi le mouvement de la Lune étoit encore plus rapide, il ſeroit encore plus propre à nous découvrir les longitudes, & il nous

procureroit un plus haut degré de préciſion. Mais ſi au contraire ce mouvement étoit beaucoup plus lent, & que nous ne puiſſons presque pas diſtinguer ſon changement d'un jour à l'autre, on voit bien que nous n'en ſaurions auſſi tirer aucun ſecours, pour la connoiſſance des longitudes.

Suppoſons donc que la Lune change de place parmi les étoiles fixes par un eſpace de 12 dégrés pendant 24 heures; puisqu'en effet ſon changement eſt pour la plupart plus conſiderable; elle changera donc d'un dégré pendant 2 heures; & d'un demi-dégré ou de 30 minutes pendant une heure. Par conſéquent, ſi nous nous trompions dans l'obſervation d'un lieu de la Lune de 30 minutes, il ſeroit de même, que ſi nous obſervions la Lune une heure ou plutôt ou plutard, & nous commettrions une erreur d'une heure dans la concluſion, ſur la difference des méridiens. Or une heure de difference dans les méridiens répond à 15 dégrés dans la longitude des méridiens, & par conſequent nous nous tromperions de 15 dégrés dans la longitude même du lieu que nous cherchons; ce qui ſeroit ſans doute une erreur ſi énorme, qu'il vaudroit presque autant ne ſavoir rien du tout; & la ſeule eſtime du voyage, c'eſt à dire du chemin & de la route, quelque incertaine quelle ſoit, ne nous jetteroit jamais dans un erreur ſi groſſiere. Auſſi faudroit-il être bien mal adroit

pour

pour ſe tromper de 30 minutes dans le lieu de la Lune, & les inſtrumens dont on ſe ſert, devroient être extrêmement rudes, ce qui n'eſt pas à préſumer.

Cependant quelques excellents que ſoient les inſtrumens & quelques ſoins qu'on y apporte, il eſt impoſſible d'éviter toute erreur, & il faut être bien habile pour ne pas ſe tromper d'une minute dans la détermination du lieu de la Lune. Or puisque le lieu de la Lune change de 30 minutes dans une heure ou 60 minutes de tems, il changera d'une minute en deux minutes de tems. Donc quand on ne ſe trompe que d'une minute dans le lieu de la Lune, il en naîtra dans la difference des méridiens une erreur de deux minutes de tems. Or une heure ou 60 minutes répondant à 15 dégrès dans la longitude; il en réſultera une erreur d'un démi dégré dans la longitude, & ce dégré de préciſion pourroit bien être ſuffiſant, pourvuque nous y puiſſions atteindre.

Jusqu'ici j'ai ſuppoſé notre connoiſſance du mouvement de la Lune ſi parfaite, que pour un méridien connu, nous pouvons déterminer le vrai lieu de la Lune pour chaque moment ſans aucune erreur; mais nous ſommes encore fort éloignés de ce point de perfection. Il n'y a pas encore 20 ans qu'on s'eſt trompé de 6 minutes & d'avantage dans ce calcul & ce n'eſt

que depuis ce tems que l'habile Profeſſeur *Mayer* à Göttingen, pourſuivant la route que j'avois propoſée, eſt parvenû à diminuer cette erreur au deſſous d'une minute pour la plupart. Il pourroit donc bien arriver que du coté du calcul nous commettions auſſi une erreur d'une minute, laquelle étant jointe à l'erreur d'une minute commiſe dans l'obſervation du lieu de la Lune, doublera l'erreur qui en rejaillira ſur la longitude du lieu où nous nous trouvons, & par conſéquent cette erreur pourroit bien monter à un dégré entier: il eſt bon de remarquer encore, que ſi la Lune parcouroit un plus grand eſpace en 24 heures, que ne font 12 dégrés, l'erreur dans la longitude ſera encore moins conſidérable.

Peut-être trouvera t-on moyen de diminuer encore d'avantage les erreurs aux quelles nous ſommes aſſujettis, tant dans l'obſervation que dans le calcul, & alors cette méthode nous decouvriroit la longitude à moins d'un dégré près. Mais auſſi ſans cette perfection, on peut eſperer d'arriver à un plus haut dégré de préciſion. On n'a qu'à faire pluſieurs pareilles obſervations, ce qui ſera poſſible, ſi l'on reſte pluſieurs jours en un endroit: alors il n'eſt pas à craindre que toutes les concluſions ſoient également defectueuſes, quelques unes marqueront la longitude cherchée trop grande, d'autres trop petite, & par conſéquent quand on prend un milieu entre tou-

tes

tes les concluſions, on pourra être aſſuré que cette longitude ainſi conclue differera beaucoup moins de la vérité que d'un dégré.

Or les Anglois qui par leur généroſité ont voulu encourager cette découverte, y ont mis un triple prix, l'un de 10000, le ſecond de 15000 & le troiſieme de 20000 livres ſterlings. Le premier eſt déſtiné à celui, qui pourra trouver les longitudes à un dégré près; de ſorte qu'on puiſſe être aſſuré que l'erreur ne ſurpaſſe point un dégré. Le ſecond prix eſt deſtiné à celui qui ſatisfera à la queſtion encore plus exactement, de ſorte que l'erreur qu'on auroit à craindre, ne ſurpaſſe jamais deux tiers d'un dégré ou 40 minutes. Enfin le troiſieme ſera donné à celui qui ſera capable de déterminer les longitudes ſi exactement, que l'erreur ne monte jamais au delà d'un demi dégré ou de trente minutes: l'on ne prétend point à un plus haut dégré de préciſion. Tous ces prix ſe trouvent encore dans leur entier, outre la portion qui à été délivré a cet horloger qui à prétendu avoir fait des montres parfaites. Mr. *Mayer* prétend actuellement au plus haut, & à mon avis, avec raiſon.

le 5. d'Octobr. 1761.

LETTRE CLXIX.

V. A. ſera maintenant ſuffiſament inſtruite ſur ce qui regarde la decouverte des longitudes: j'ai eu l'honneur de Lui expoſer pluſieures voyes, qui peuvent conduire à leur détermination.

La premiere & la plus naturelle eſt d'obſerver ſoigneuſement le chemin & la direction du voyage; or tant les tempêtes, auxquelles on eſt ſouvent expoſé par mer, que les courans, rendent cette méthode impraticable.

La ſeconde demande la conſtruction d'une ſi parfaite horloge qui marche toujours uniformement, non obſtant les ſecouſſes qu'elle éprouve dans le voyage; or les artiſtes n'ont pas encore trouvé moyen d'executer un tel ouvrage.

La troiſieme eſt fondée ſur l'obſervation des éclipſes de Lune & on ne ſauroit rien deſirer de mieux: le ſeul defaut eſt, que cette occaſion ſe préſente trop rarement, & qu'on ne peut pas s'en ſervir, lorsqu'on en a le plus de beſoin.

La quatrieme regarde les éclipſes des Satellites de Jupiter, qui ſeroient ſans doute très propres à ce deſſein, pourvûqu'on trouvât moyen de ſe ſervir par mer des Lunettes, ſans leſquelles on ne ſauroit voir ces Satellites.

Enfin les obſervations de la Lune même nous ont fourni la cinquieme, qui paroit la

plus

plus praticable, pourvuqu'on ſoit en état d'obſerver ſi exactement le lieu de la Lune dans le ciel, que les erreurs qu'on n'y ſauroit éviter, ne ſurpaſſent jamais une minute, afin qu'on ſoit aſſuré qu'on ne ſe trompe pas de plus d'un dégré dans détermination de la longitude.

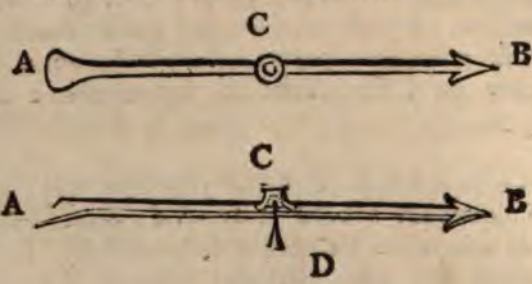
C'eſt ſur ces cinq méthodes, que ceux qui ont travaillé juqu'ici ſur cette queſtion, ont principalement dirigé leurs ſpéculations, mais il y a encore une ſixième, qui ſemble auſſi propre à nous conduire à la réſolution de ce probleme, pourvuqu'elle ſoit mieux cultivée; & peut être même un jour nous fournira-t'elle encore le plus ſûr moyen de trouver les longitudes; quoiqu'à l'heure qu'il eſt, nous en ſoyans encore fort éloignés.

Cette méthode n'eſt pas tirée du ciel, elle eſt uniquement attachée à la terre, étant fondée ſur la nature de l'aimant & de la bouſſole. L'explication de cette méthode m'cuvre donc une nouvelle carriere d'entretenir V. A. ſur l'important article de la Phyſique, qui regarde la force magnétique; & j'eſpere qu'Elle ſera bien aiſe d'honorer de ſon attention les éclarciſſemens, que j'aurai l'honneur de propoſer la-deſſus.

D'abord je bornerai mes réflexions au ſujet dont il s'agit ici, c'eſt à dire à la découverte des longitudes. & pour cet effet il me ſuffit de remarquer en général, que l'aimant eſt une pier-

re, qui a la qualité d'attirer le fer & de ſe diſpoſer ſelon une certaine direction, & qu'elle communique la même qualité au fer & à l'acier, quand on le frotte ou touche ſeulement d'un aimant; or je me propoſe dans la ſuite de mieux approfondir cette qualité, & d'en expliquer la nature.

Je commencerai donc par donner la deſcription d'une aiguille aimantée, laquelle étant montée d'une certaine maniere pour l'uſage de la navigation, porte le nom de Bouſſole.



Pour cet effet on fait fabriquer avec du bon acier une aiguille à peu près de la figure cy-jointe, dont un bout B eſt pointu pour le mieux diſtinguer de l'autre A; elle eſt munie au milieu C d'un petit chaperon creuſé par en bas pour mettre l'aiguille ſur un pivot ou pointe D comme on peut le voir par la ſeconde figure.

Suppoſons que les deux parties ſoient tellement ajuſtées qu'elles ſe contrebalancent parfaitement,

ment, & que l'aiguille puiſſe tourner librement ſur le pivot, de ſorte qu'en quelque ſituation qu'on la mette, elle y puiſſe demeurer en repos, ou en équilibre. Avant que d'aimanter cette aiguille, il eſt bon de la tremper pour la rendre auſſi dure qu'il eſt poſſible. Enſuite qu'on la frotte ou touche d'un aimant excellent & d'abord elle ſera magnétique. Les deux bouts ne ſe balanceront plus, mais l'un comme B deſcendra en bas, tout comme s'il étoit devenu plus peſant. De ſorte que pour la rétablir en equilibre il faudroit ou ôter quelque choſe du bout B ou ajouter un petit poid au bout A; or les ouvriers prévoyant ce changement cauſé par le magnétisme, font dès le commencement le bout B plus leger que l'autre A, afin que l'aiguille après avoir été aimantée prenne d'elle même la ſituation horizontale.

Cette aiguille acquiert alors encore une autre propriété bien plus remarquable; elle n'eſt plus indifferente à toutes les ſituations, comme auparavant; mais elle en affecte une préferablement à toutes les autres, & ſe diſpoſe d'elle même en ſorte que le bout B eſt dirigé à peu près vers le nord, & l'autre bout A vers le ſud: ou bien la direction de l'aiguille aimantée convient à peu près avec la ligne méridienne.

V. A. ſe ſouvient que pour tracer la ligne méridienne qui nous montre le nord & le ſud, il faut récourir aux obſervations Aſtronomiques, puiſque le mouvement du ſoleil & des étoiles déter-

détermine cette direction ; de ſorte que quand on n'eſt pas pourvû des inſtrumens néceſſaires, & ſur tout quand le ciel eſt couvert, on ne ſauroit tirer aucun ſecours du ciel pour tracer la ligne méridienne ; d'où cette propriété de l'aiguille aimantée eſt d'autant plus admirable, qu'elle nous montre en tout tems & en tout lieu la direction vers le nord, de la quelle dépendent les autres vers l'eſt, ſud & oueſt ; par cette raiſon l'uſage de l'aiguille aimantée ou de la bouſſole eſt devenue univerſelle, puisque dans pluſieurs occaſions il eſt abſolument neceſſaire qu'on connoiſſe ces principales directions du monde.

Mais ſur tout dans la navigation, la Bouſſole procure les plus grands avantages ; puisque le cours du vaiſſeau doit toujours être dirigé vers un certain côté du monde, pour marcher vers un lieu propoſé, conformement aux Cartes Géographiques ou marines, qui nous marquent la direction du cours, qu'il faut tenir. Auſſi avant la découverte de la Bouſſole on n'a pas été en état d'entreprendre de longs voyages par mer ; à peine ôſoit-on s'éloigner des côtes, & dès qu'on les perdoit de vüe, on risquoit de s'égarer ſur mer, à moins que le ciel ne fut clair & que les étoiles ne monſtraſſent les côtés du monde.

Un vaiſſeau en pleine mer ſans la connoiſſance des côtés du monde ſe trouve préciſément dans le même état qu'un homme auquel on auroit

auroit bandé les yeux, qui devroit marcher vers l'égliſe du Dome à Magdebourg; un tel homme lorsqu'il s'imagine aller vers un certain coté, marcheroit vers un tout autre. C'eſt donc la bouſſole qui eſt le principal guide dans la navigation; & ce n'eſt qu'après cette importante découverte qu'on a hazardé de traverſer le grand Ocean, & qu'on a decouvert le nouveau monde: & en effet que feroit un Pilote dépourvû d'une bouſſole, pendant ou après une tempête, quand il ne peut tirer aucun ſecours du ciel, quelque cours qu'il tienne, il ne ſçauroit pas s'il marche vers le nord, ou vers le ſud, ou quelque autre côté du monde; il s'égareroit bientôt au point de ne pouvoir plus ſe ſauver. Mais la Bouſſole le tire d'abord de ce grand embarras, en lui indiquant les côtés du monde, & l'empêche de s'égarer; d'où V. A. jugera aiſément combien la découverte de l'aiguille aimantée ou de la bouſſole eſt importante.

le 6. d'Octobre 1761.

LETTRE CLXX.

Quoiqu'une aiguille aimantée affecte une certaine ſituation, dirigée du ſud vers le nord, il y a des cauſes accidentelles, capables de déranger cette direction, qu'il faut par conſequent tâcher d'éviter très ſoigneuſement. C'eſt le voiſinage de quelque aimant, ou fer ou acier, qui trouble cette direction. V. A. n'a qu'à

pré

préſenter un couteau à un aiguille aimantée, elle quittera d'abord ſa direction naturelle, pour ſe diriger vers le couteau, & en faiſant tourner le couteau autour de l'aiguille, on lui peut faire prendre toutes les directions poſſibles. Par cette raiſon, pour être aſſuré que l'aiguille eſt diſpoſée dans la direction naturelle, il faut en éloigner tout fer ou acier auſſi bien que les aimans; & il eſt d'autant plus facile de ſatisfaire à cette condition, que ces matieres n'en troublent la ſituation, que lorsqu'elles ſont fort proches; dès qu'elles en ſont éloignées tant ſoit peu, leur effet devient inſenſible, pourvûque ce ne ſoit point un aimant très fort, qui pourroit bien agir ſur l'aiguille à la diſtance de pluſieurs pieds.

Mais un tel effet n'eſt pas à craindre du ſeul fer, & c'eſt la raiſon pour la quelle on peut ſe ſervir de la bouſſole même dans les mines de fer. Car V. A. comprend aiſément, que dans les mines ſous la terre, on ſe trouve dans le même cas, que ſur mer, lorsque le ciel eſt couvert, & qu'on y eſt également obligé de ſe regler ſur les côtés du monde, en pouſſant les mines ſuivant une certaine direction. On dreſſe auſſi des plans qui répréſentent la route de tous les tours & de toutes les allées qu'on a creuſées ſous la terre, & dans cet ouvrage on ſe regle uniquement ſur la bouſſole; c'eſt l'objet de la ſcience, qu'on nomme la Géometrie ſouterraine & en Allemand die Markſcheidkunſt.

Pour

Pour révenir à notre bouſſole ou aiguille aimantée, j'ai d'abord remarqué qu'elle ne ſe dirige vers le nord qu'à peu près; En effet ce n'eſt que par abus, quand on dit communement, que l'aimant a la proprieté de ſe diriger vers le nord. Après avoir fait pluſieurs aiguilles aimantées, j'ai toujours trouvé qu'ici à Berlin leur direction s'écartoit de la veritable ligne méridienne, d'environ quinze dégrés; or une aberration de 15 eſt deja fort conſiderable.

La figure ci-jointe repréſente d'abord la vraie ligne méridienne tirée du Nord au Sud, & enſuite celle qui lui eſt perpendiculaire, marquant à droite Oſt ou Eſt, & à gauche Weſt ou Oueſt. Or l'aiguille aimantée A B, n'eſt pas diri-

dirigée ſur la méridienne, mais elle s'en-écarte de l'angle B O *Nord* qui eſt de 15°; on nomme cet angle la *déclinaiſon* & quelques fois auſſi la *variation* de la bouſſole ou de l'aiguille aimantée; & puisque le bout le plus proche du Nord B, qu'on nomme toujours le bout boréal, s'en écarte vers l'oueſt ou vers l'occident, on dit que la déclinaiſon eſt occidentale de 15°.

Ayant donc une fois déterminé la declinaiſon de l'aiguille aimantée, on s'en peut ſervir auſſi bien, que ſi elle montroit préciſement le nord. On entoure ordinairement l'aiguille d'un cercle, & alors on n'a qu'à marquer le nord à la juſte diſtance du bout boréal B de l'aiguille, afin qu'elle en decline de 15° vers l'occident, & la ligne Nord-Sud nous marquera la vraïe ligne méridienne avec les quatre principaux côtés du monde, Nord, Eſt, Sud, Oueſt.

Pour déguiſer mieux le ſecret, on cache l'aiguille aimantée dans une cercle de carton, comme la figure le fait voir, excepté que l'aiguille n'eſt plus viſible; de ſorte que le carton fait avec elle un ſeul corps qu'on mêt au centre ſur un pivot, afin que le cercle avec l'aiguille puiſſe ſe tourner librement; & alors le cercle prendra toujours cette ſituation que le point marqué Nord ſoit dirigé préciſément vers le nord, pendant que le bout boréal de l'aiguille qu'on ne voit point, s'en écarte en effet d'un angle de 15°, vers l'occident. Cette conſtruction

ne

ne ſert qu'à déguiſer la déclinaiſon, que le vulgaire regarde comme un défaut, quoiqu'il ſoit plutôt un digne objet de notre admiration, comme nous le verrons bientôt ; & le carton ne faiſant qu'augmenter le poids de l'aiguille, empêche qu'elle ne puiſſe plus tourner ſi librement, que ſi elle étoit plus légere.

Pour prévenir cet accident, & ſe ſervir mieux de la bouſſole, on poſe l'aiguille dans une boëte ronde, dont la circonference eſt diviſée en 360°, & porte outre cela les noms des principaux côtés du monde. Au centre ſe trouve le pivot ou la pointe qui porte l'aiguille ; laquelle affectant une certaine direction, on tourne la boëte jusqu'à ce que le bout boréal de l'aiguille B réponde au juſte point dans la circonference, c'eſt à dire au quinzieme dégré, en comptant depuis le Nord vers l'Occident ; & alors les noms marqués ſur la circonférence conviendront avec les vrais côtés du monde.

Mais par mer on ſe ſert pourtant des aiguilles enchaſſées dans des cercles de carton, dont la circonférence même, eſt diviſée en 360 dégrés pour n'être pas obligé de tourner la boëte ; Alors le cercle de carton, qu'on nomme bouſſole, marquant les vrais côtés du monde, on n'a qu'à y rapporter la route que tient le vaiſſeau pour ſavoir vers quel coté le vaiſſeau court, ſi c'eſt au Nord, au Sud, à l'Eſt, à l'Oüeſt, ou à quelque direction moyenne. C'eſt auſſi ſur la

bouſſole, qu'on juge les vents, ou la contrée d'où ils ſoufflent; puisque c'eſt delà qu'on leur impoſe des noms. Cependant il faut être bien aſſuré de la déclinaiſon ou variation de la bouſſole; nous l'avons bien trouvé ici de 15° vers l'oüeſt, mais en d'autres lieux ſur la terre, elle pourroit être différente, comme j'aurai l'honneur de le faire voir dans la ſuite.

le 10 Octobre 1761.

LETTRE CLXXI.

Quand j'ai dit, que la déclinaiſon de la bouſſole eſt de 15° vers l'occident, cela ne ſe doit entendre que de Berlin & pour le tems préſent; car on a remarqué que non ſeulement dans les differents endroits de la terre cette déclinaiſon eſt differente, mais quelle change auſſi avec le tems dans le même lieu.

Ainſi à Berlin la déclinaiſon magnetique eſt à préſent beaucoup plus grande qu'autre fois; je me ſouviens encore très bien qu'elle n'a été que 10°; & au ſiecle paſſé il y eut un tems, où elle fut nulle, de ſorte que la ſituation de l'aiguille aimantée convint alors exactement avec la ligne méridienne. Cela eſt arrivé environ l'an 1670, & depuis ce tems la déclinaiſon eſt ſucceſſivement devenue de plus en plus grande vers l'oueſt, jusqu'à 15°, comme elle eſt aujourd'hui; or il y a apparence, que de ce tems-ci elle

ira

ira de nouveau en diminuant, jusqu'à ce qu'elle revienne nulle une ſeconde fois. Ce n'eſt cependant qu'une conjecture & nous ſommes encore bien éloignés de pouvoir prédire quelque choſe de certain la deſſûs.

Dailleurs nous ſavons certainement qu'avant l'epoque de 1670 la déclinaiſon a été contraire ou dirigée vers l'orient; & plus nous remontons au delà de ce terme, plus nous trouvons que la déclinaiſon eſt grande vers l'orient. Or nous ne ſaurions remonter plus haut qu'au tems, où l'aiguille aimantée fut découverte, & qui tombe dans le quatorzieme ſiecle & encore ici à Berlin, c'eſt bien longtems après que cette decouverte a été connue, qu'on a commencé à en obſerver la déclinaiſon; parceque d'abord on ne s'étoit pas encore apperçu, que l'aiguille aimantée s'écartât de la ligne méridienne.

Mais à Londres où l'on a été plus attentif ſur cet article, on a obſervé la déclinaiſon magnetique l'an 1580 de 11°, 15′, Eſt. A. 1622 de 6°, 0′, Eſt. A. 1634 de 4°, 5′, Eſt. A. 1657 il n'y eut point de déclinaiſon; mais 1672 elle fut de 2°, 30′, Oüeſt. A. 1692 de 6°, 0′, Oüeſt; & à préſent elle pourroit bien être de 18 dégrés Oueſt ou d'avantage. D'où V. A. voit qu'au commencement du ſiecle paſſé elle à été environ 8° vers l'Eſt; que depuis elle a ſucceſſivement diminué jusqu'à ce qu'elle eſt devenue inſenſible A. 1657. & qu'après ce tems elle eſt dévenûe occidentale ou vers l'Oüeſt, en augmentant jusqu'à préſent.

A Paris elle a presque tenû le même ordre, mais elle fut nulle l'an 1666, ou 9 ans plus tard qu'à Londres; d'ou V. A. apprendra la plus grande bizarerie dans la diverſité des déclinaiſons, tant par rapport aux divers lieux de la terre pour le même tems, que par rapport au même lieu pour des tems differens.

A préſent non ſeulement par toute l'Europe, mais auſſi par toute l'Afrique & dans la plus grande partie de l'Aſie, la déclinaiſon eſt Occidentale, mais en quelques lieux plus grande en d'autres plus petite que chez nous. Il y a des contrées en Europe où elle eſt plus grande, que chez nous, ſavoir en Ecoſſe & en Norvege, où la déclination ſera bien au delà de 20°, en Eſpagne, en Italie & en Grece au contraire elle, eſt plus petite & environ de 12°; ſur les côtes occidentales de l'Afrique elle eſt environ 10°, & ſur les orientales 12°. Mais avançant dans l'Aſie vers l'Eſt, elle diminue ſucceſſivement, & s'évanouit même au milieu de la Siberie à Jeniſeisk; elle disparoit encore à la Chine à Pekin, & auſſi au Japon, mais au delà de ces endroits plus vers l'Eſt, la déclinaiſon dévient Orientale; & va en augmentant en ce ſens par la partie boréale de la mer Pacifique jusqu'aux cotes Occidentales de l'Amerique, d'où elle va de nouveau en diminuant, jusqu'à ce qu'elle s'évanouiſſe derechef en Canada, à la Floride, aux Iles Antilles & delà vers les côtes du Bréſil. Au delà de ces contrées plus vers l'Orient, c'eſt à dire vers l'Europe & l'Afri-

l'Afrique elle redevient Occidentale tout comme je l'ai déjà remarqué.

Or pour avoir une parfaite connoîſſance de l'Etat préſent de la déclinaiſon magnetique, il faudroit être en état de marquer pour tous les lieux tant ſur terre que ſur mer, de quelle grandeur eſt à préſent la déclinaiſon magnetique, & ſi elle tend vers l'Occident ou vers l'Orient. Une telle connoîſſance ſeroit ſans doute très eſtimable, mais elle n'eſt point du tout à eſperer; il faudroit qu'il y eut à préſent par tout des hommes habiles, qui obſervant chaqu'un dans ſon lieu, la déclinaiſon magnetique, nous communiquaſſent leurs obſervations avec exactitude: cependant nous devrions certainement attendre encore quelques années, jusqu'à ce que les plus éloignées nous ſoient parvenues; par conſéquent nous n'arriverions à cette connoîſſance qu'au bout de quelques années. Or quoique dans deux ou trois ans la déclinaiſon de l'aiguille aimantée ne change pas conſiderablement, ce changement, quelque petit qu'il ſoit, empêcheroit toutefois que la connoîſſance de toutes ces obſervations faites dans les differentes contrées de la terre, nous éclairciſſent parfaitement ſur l'état préſent des differentes déclinaiſons de l'aiguille aimantée.

Il en eſt de même des tems paſſés & à chaque année répond un certain état de déclinaiſon magnetique qui lui eſt propre, & qui le diſtingue de tous les autres tems, tant paſſés que fu-

turs. Cependant il ſeroit bien à ſouhaiter que nous euſſions un tel état bien détaillé pour une ſeule année, & nous ne manquerions pas d'en tirer des éclairciſſemens très importants.

Feu Mr. *Halley* très célebre Aſtronome d'Angleterre a tâché de nous donner un tel état de la déclinaiſon magnetique pour l'année 1700, fondé ſur un grand nombre d'obſervations qui ont été faites en pluſieurs lieux, tant ſur terre que ſur mer; mais outre que des contrées très conſiderables où de telles obſervations n'ont pas été faites, y ont été omiſes, la plûpart de celles qu'il a employé, ont été faites pluſieurs années avant cette époque de 1700; deſorte que jusques là la declinaiſon a pu ſouffrir des changemens aſſéz conſiderables. D'où il s'en ſuit que cet état qu'on trouve repreſenté ſur une carte générale de la terre, ne ſauroit être regardé que comme très defectueux; d'ailleurs à quoi nous ſerviroit-il à préſent de ſavoir l'état de la déclinaiſon magnetique pour l'année 1700, qui depuis ce tems eſt très conſiderablement changé?

D'autres Géographes Anglois ont bien donné depuis une ſemblable Carte où toutes les déclinaiſons devroient être répreſentées telles quelles ont été l'an 1744. Mais outre que cette Carte a les mêmes defauts que celle de *Halley*; & que les obſervations leurs manquoient encore pour pluſieurs contrées, ils n'ont pas balancé à remplir ces eſpaces vuides, en conſultant la Carte

Carte de *Halley*, qui n'avoit plus certainement lieu l'an 1744. D'où V. A. jugera, que nôtre connoiſſance ſur cet important article de la Phyſique, eſt encore extrêmement imparfaite.

le 13. Octobre 1761.

LETTRE CLXXII.

Il ſera bon d'expliquer auſſi de quelle maniere *Halley* s'y eſt pris pour répréſenter les déclinaiſons magnetiques dans la carte qu'il a dreſſé pour l'année 1700, afin que ſi V. A voit une telle carte, Elle en comprenne la conſtruction.

D'abord il a marqué à chaque endroit la déclinaiſon de l'aiguille aimantée, telle qu'elle y a été obſervée: parmi tous ces lieux il a diſtingué ceux où il n'y eut point du tout de déclinaiſon, & il a vu que tous ces lieux tombent dans une certaine ligne, qu'il nomme la ligne de nulle déclinaiſon, puisque partout ſous cette ligne la déclinaiſon étoit alors nulle. Cette ligne n'étoit ni un méridien ni un parallelle, mais elle traverſoit par des tours très obliques l'Amerique ſeptentrionale & en ſortoit près les cotés de la Caroline; de la elle ſe courboit pour traverſer la mer atlantique entre l'Afrique & l'Amerique. Outre cette ligne il en découvrit encore une autre, où la déclinaiſon s'évanouiſſoit pareillement; celle-ci deſcendoit par le milieu

de la Chine, & paſſoit de là par les isles Philipines & la nouvelle Hollande. L'on peut bien juger par le trait de ces deux lignes qu'elles ont une communication près de l'un & l'autre pole de la terre.

Après avoir fixé ces deux lignes de nulle déclinaiſon Mr. *Halley* a remarqué que partout entre la premiere & la derniere, en paſſant de l'Occident vers l'Orient, c'eſt-à-dire vers toute l'Europe, l'Afrique & presque toute l'Aſie, la déclinaiſon étoit Occidentale; or de l'autre côté au de là de ces deux lignes, c'eſt à dire dans toute l'Amerique méridionale & par toute la mer pacifique, la déclinaiſon étoit Orientale. Enſuite, ayant fixé ces deux lignes comme les principales, il alloit conſiderer tous les lieux, où la déclinaiſon étoit de 5 dégrés Occidentale; d'où il voyoit que par tous ces lieux, il pouvoit encore commodement tirer une ligne, qu'il nomme la ligne de cinq dégrés Occidentale: il trouvoit auſſi deux lignes de cette nature, dont l'une accompagnoit, pour ainſi dire, la premiere ſans déclinaiſon, & l'autre la derniere. Il en fit de même des lieux où la déclinaiſon étoit de 10° enſuite de 15°, de 20°, &c. & il vit que les lignes de ces grandes déclinaiſons, étoient bornées vers les poles, pendant que celles des petites déclinaiſons traverſoient toute la terre & paſſoient par l'équateur.

En effet ſous l'équateur la déclinaiſon ne ſauroit à peine ſurpaſſer 15°, tant vers l'Oüeſt que vers l'Eſt; mais en approchant des poles, on peut arriver à des lieux, où la déclinaiſon ſurpaſſe 50° & 60°; il y en aura auſſi ſans doute, où elle eſt encore plus grande, ſurpaſſant même 90° & plus, où le bout boréal de l'aiguille ſe tournera par conſequent vers le ſud.

Enfin après avoir auſſi tiré de ſemblables lignes par les lieux, où la declinaiſon étoit Orientale de 5°. 10°. 15°, & ainſi de ſuite, Mr. *Halley* a rempli de cette maniere toute la carte qui répréſente la ſurface entiere de la terre de telles lignes, ſous chacune desquelles la déclinaiſon eſt par tout la même, pourvûque les obſervations ne manquent pas Auſſi Mr. *Halley* a-t-il été aſſez ſcrupuleux pour ne pas continuer ces lignes au delà des lieux dont il avoit des obſervations: ce qui eſt la raiſon, que la plus grande partie de ſa Carte eſt vuide de ces lignes.

Mais en cas qu'on eut une telle carte juſte & complette, on y verroit d'un coup d'oeil, quelle déclinaiſon auroit regné à chaque endroit dans le tems pour lequel la Carte auroit été dreſſée; car quand même le lieu propoſé ne ſe trouveroit pas préciſement ſous une des lignes marquées, en le comparant avec les deux lignes entre lesquel il ſeroit ſitué, on eſtimeroit aiſément la déclinaiſon moyenne qui lui conviendroit. Ainſi ſi je me trouvois entre les lignes

de 10°, & de 15° de déclinaiſon Occidentale, je ſerois certain, que la déclinaiſon y ſeroit plus grande que 10°, & moindre que 15°, & ſelon que je ſerois plus proche de l'un ou de l'autre, je trouverois aiſément le juſte milieu, qui m'indiqueroit la véritable déclinaiſon.

V. A. réconnoîtra ſans difficulé par là que ſi l'on avoit une telle carte exacte, elle nous ſerviroit à découvrir les longitudes, au moins pour le tems, auquel elle conviendroit. Suppoſons, pour expliquer cette méthode, que nous ayons une telle carte dreſſée pour cette année, où nous verrions d'abord les deux lignes tracées par les endroits, où la déclinaiſon eſt nulle, enſuite auſſi deux lignes, où la déclinaiſon ſeroit de cinq dégrés, de 10°, de 15°, de 20°, tant Occidentale qu'Orientale : ſuppoſons même que pour une plus grande exactitude, ces lignes ſoient tirées de dégré en dégré, & que je me trouve quelque part, en mer ou dans un païs inconnû, je tirerois donc d'abord une ligne méridienne, pour voir combien ma bouſſole s'en ecarte & je trouverois par exemple que la déclinaiſon eſt préciſement de 10°, vers l'Eſt; alors je prendrois ma Carte, j'y chercherois les deux lignes ſous leſquelles la déclinaiſon eſt de 10°, vers l'Eſt, & je ſerois ſur, que je me trouve ſous l'une ou l'autre de ces deux lignes, ce qui m'eclairciroit déjà beaucoup dans mon incertitude. Enfin j'obſerverois la hauteur du pole, qui étant égale à la latitude du lieu où je me trouverois, il

ne

ne me reſteroit plus qu'à marquer ſur les deux lignes mentionnées les points dont la latitude ſeroit la même que celle que je viens d'obſerver; & alors toute mon incertitude ſeroit réduite à deux points très éloignés l'un de l'autre; or les circonſtances de mon voyage decideront aiſément lequel de ces deux lieux eſt celui où je me trouve actuellement.

V. A. conviendra, que cette méthode ſeroit presque la plus commode de toutes celles que j'ai eu l'honneur d'expliquer; pourvûque nous euſſions de telles cartes, comme je viens de ſuppoſer. Mais c'eſt préciſement ce qui nous manque; & comme nous ſommes encore fort éloignés de pouvoir dreſſer pour un tems paſſé une telle carte qui ne nous ſerviroit à rien pour le tems préſent, faute d'une ſuffiſante quantité d'obſervations, nous ſommes encore moins inſtruits de tous les changements de la déclinaiſon que chaque endroit éprouve par la ſuite du tems. Les obſervations faites jusqu'ici nous font voir, que quelques endroits ſont aſſujetis à des changemens très conſiderables, pendant que d'autres n'en ſouffrent presque point dans le même intervalle de tems, ce qui nous ôte toute eſperance de pouvoir jamais profiter de cette méthode, quelque excellente quelle ſoit en elle même.

le 17. Octobre 1761.

LETTRE CLXXIII.

V. A. ſera ſans doute curieuſe d'apprendre la raiſon, pourquoi les aiguilles aimantées affectent en chaque lieu de la terre une certaine direction? pourquoi cette direction eſt differente en differens lieux? & pourquoi au même lieu elle change avec le tems? ſur ces queſtions importantes, j'aurai l'honneur de dire tout ce que j'en ſai, quoiqu'il s'en faille peut être beaucoup, que cela ſatisfaſſe la curioſité de V. A.

D'abord je remarque que les aiguilles aimantées ont cette propriété commune avec tous les aimans & que ce n'eſt que leur figure propre à balancer ſur un pivot & y tourner librement qui rend cette propriété plus marquée. Tout aimant étant ſuſpendu par un fil, ſe tourne toujours vers un certain coté, ou lorsqu'on le met dans un petit vaiſſeau, pour le faire nager ſur l'eau, le vaiſſeau avec l'aimant affectera toujours une certaine direction. De même que dans les aiguilles qui ont deux bouts dont l'un ſe dirige à peu près vers le nord & l'autre vers le Sud, on remarque la même choſe dans chaque aimant, qui pareillement eſt pourvu de deux pareils points ſemblables; dont l'un affecte le Nord & l'autre le Sud à peu près avec les mêmes variations que dans les aiguiles.

Ces points ſont auſſi très ſenſibles dans chaque aimant, puisque c'eſt là où il attire le fer

avec

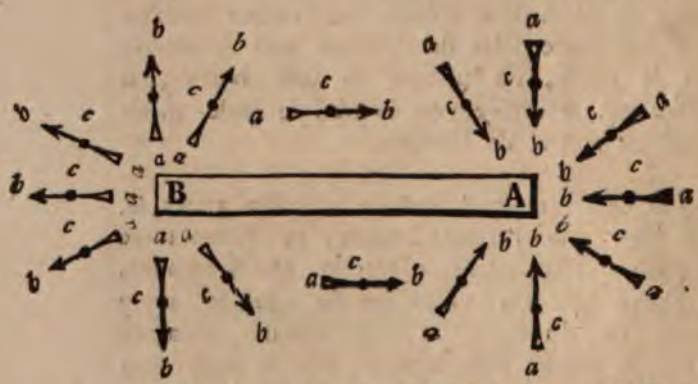
avec la plus grande force. On les nomme les *Poles* d'un aimant, en empruntant cette denomination de celle des poles de la terre ou du ciel, parceque l'un tâche de ſe diriger vers le pole boréal, & l'autre vers le pole auſtral ou méridional de la terre; ce qui ne doit s'entendre qu'à peu près; car lorsqu'on introduiſit ces noms, la déclinaiſon n'étoit pas encore connue. L'un des deux poles de l'aimant qui ſe dirige vers le nord, eſt nommé le pole boreal, & l'autre qui ſe dirige vers le Sud le pole méridional ou auſtral de l'aimant.

J'ai deja remarqué, qu'une aiguille aimantée, auſſi bien que l'aimant même, ne prend cette ſituation qui lui paroît naturelle, que lorsqu'elle ſe trouve hors du voiſinage de quelque autre aimant ou du fer. Si une aiguille aimantée ſe trouve proche d'un aimant, elle ſe regle dans ſa ſituation ſur les poles de cet aimant; en ſorte que le pole boreal de l'aimant attire le bout méridional de l'aiguille, & réciproquement le méridional de l'aimant le bout boréal de l'aiguille; c'eſt pourquoi en rapportant deux aimans enſemble, on nomme poles amis ceux qui portent differens noms, & poles ennemis ceux du même nom; cette propriété eſt très remarquable lorsqu'on approche deux aimants l'un de l'autre: car alors on verra non ſeulement que les poles de différens noms, s'attirent mutuellement, c'eſt à dire le boréal de l'un & le méridional de l'autre: mais auſſi que les poles du même nom ſe

fuyent

fuyent & ſe répouſſent l'un l'autre. On le voit encore plus diſtinctement, lorsqu'on approche deux aiguilles aimantées l'une de l'autre.

Pour notre deſſein il ſera fort important de bien conſiderer la ſituaion qu'une aiguille aimantée prend dans le voiſinage d'un aimant.



Dans la figure ci-jointe la barre A B repréſente un aimant, dont le pole boréal eſt en B & le pole méridional en A; V. A. voit pluſieurs poſitions de l'aiguille aimantée, que je repréſente par la figure d'une fleche, dont le bout marqué *b*, eſt le pole boréal, & *a*, le pole méridional. Dans toutes ces poſitions le bout *b* de l'aiguille s'approche du pole A de l'aimant, & le bout *a* du pole B. Le point *c* marque le pivot, ſur lequel l'aiguille tourne, & V. A n'a qu'à bien conſiderer la figure pour juger qu'elle ſituation prendra l'aiguille en quelque lieu autour de l'aimant, qu'on fixe le pivot *c*.

Donc

Donc s'il y avoit quelque part un très grand aimant AB, les aiguilles aimantées posées autour de lui, prendroient en chaque endroit une certaine situation, comme nous voyons, que cela arrive actuellement autour de la terre: ou bien si la terre elle même étoit cet aimant, on comprendroit pourquoi les aiguilles aimantées se disposent par tout selon une certaine direction. Aussi les Physiciens, pour expliquer ce phénomene, soutiennent que toute la terre a la propriété d'un aimant, ou que nous la devons regarder comme un très grand aimant. Quelques uns d'entr'eux prétendent qu'ils se trouve vers le centre de la terre un très grand aimant qui exerce sa force sur toutes les aiguilles aimantées, & même sur tous les aimants qui se trouvent sur la surface de la terre & que c'est cette force qui les dirige en chaque lieu selon les mêmes directions, que nous y observons.

Mais nous n'avons pas besoin de recourir à un tel aimant caché dans les entrailles de la terre: sa surface même est tellement remplie par tout de mines de fer & d'aimants, que leur force reunie peut bien suppléer au défaut de ce prétendu grand aimant. En effet on tire tous les aimans des mines, ce qui est une marque bien certaine que ces mineraux se trouvent très abondamment dans les entrailles de la terre & que toutes leurs forces réunies fourniſſent la force génerale, qui produit tous les phénoménes ma-

magnetiques. Par là nous ſommes auſſi en état d'expliquer, pourquoi au même lieu la déclinaiſon magnetique, change avec le tems; Car on ſait que les mines de tous les métaux ſont aſſujetties à des changemens continuels & en particulier celles de fer, où il faut auſſi rapporter les aimans: Tantôt dans un endroit il s'engendre du fer, tantôt il s'y détruit; de ſorte qu'il y a aujourd'huy des mines de fer, où il n'y en eut point autre fois; & là où l'on a trouvé autre fois de telles mines en abondance, on n'y trouve presque plus rien aujourd'hui. Cela prouve ſuffiſamment que la maſſe totale de tous les aimans renfermés dans la terre, ſouffre des changemens très conſiderables, d'où ſans doute les poles, ſur lesquels ſe regle la déclinaiſon magnétique, changeront auſſi avec le tems.

C'eſt ici donc qu'il faut chercher la cauſe pourquoi les déclinaiſons magnetique ſont ſujettes à des changemens ſi conſiderables aux mêmes lieux de la terre. Mais cette même raiſon fondée ſur l'inconſtance de ce qui ſe paſſe dans les entrailles de la terre, ne nous laiſſe aucune eſperance de parvenir jamais à prédire d'avance la déclinaiſon magnétique: à moins qu'on ne trouve moyen de ramener les changemens de la terre à quelque loi fixe. Une longue ſuite d'obſervations continuée pendant pluſieurs ſiecles pourroit peut être nous fournir des éclairciſſement la deſſus.

le 20. d'Octobr. 1761.

LET-

LETTRE CLXXIV.

Ceux qui prétendent que la terre renferme dans ſon ſein un grand aimant, comme un noyau, ſont obligés de dire, pour expliquer la déclinaiſon magnétique, que ce noyau change de ſituation ſucceſſivement. Il faudroit alors que ce noyau fut détaché de la terre dans toutes ſes parties & comme, ſans doute, ſon mouvement ſuivroit une certaine loi, nous pourrions eſperer de découvrir un jour cette loi, ſuivant laquelle la déclinaiſon change avec le tems. Mais ſoit qu'il y ait un tel noyau magnétique dans la terre, ſoit que les aimans diſperſés dans ſon ſein réuniſſent leurs forces, pour produire les phénomenes magnétiques, on peut toujours regarder la terre même comme un aimant, ſelon lequel ſe dirigent tous les aimans particuliers & toutes les aiguilles aimantées.

Quelques Phyſiciens ont renfermé dans un globe, un aimant d'une très grande force, & ayant placé ſur la ſurface du dit globe une aiguille aimantée, ils y ont obſervé des phénomenes ſemblables à ceux qui ont lieu ſur la terre après avoir placé l'aimant dans le globe de pluſieurs façons différentes. Or en conſiderant la terre comme un aimant, elle aura ſes poles magnétiques, qu'il faut bien diſtinguer de ſes poles naturels, autour de quels elle tourne: ces différens poles n'ont rien de commun entr'eux, que le ſeul nom, mais c'eſt de la poſition des poles magnétiques à l'egard des naturels, que pro-

viennent les irregularités apparentes dans la déclinaiſon magnétique & en particulier des lignes tracées ſur la terre, dont j'ai eu l'honneur de rendre compte à V. A.

Pour mieux éclaircir cette matiere, je remarque que ſi les poles magnétiques tomboient préciſement dans les poles naturels, il n'y auroit point de déclinaiſon ſur la terre; par tout les aiguilles aimantées ſeroient préciſement dirigées du nord vers le ſud & leur poſition ſeroit préciſement la même que celle de la ligne méridienne. Ce ſeroit ſans doute un très grand avantage pour la navigation, puiſqu'on connoitroit alors exactement la route du vaiſſeau & la direction du vent: au lieu qu'à preſent on doit toujours chercher la déclinaiſon de la bouſſole, avant que de pouvoir déterminer les vrais côtés du monde. Mais alors la bouſſole n'apporteroit auſſi aucun ſecours pour la détermination des longitudes, but auquel la déclinaiſon pourroit bien conduire un jour.

Delà on peut conclure que ſi les poles magnétiques de la terre differoient de beaucoup des poles naturels, & qu'ils fuſſent directement oppoſés l'un à l'autre, ce qui arriveroit ſi l'axe magnétique de la terre, (c'eſt la ligne droite tirée par les deux poles magnétiques) paſſoit par le centre de la terre, alors les aiguilles aimantées ſe dirigeroient partout vers ces poles magnétiques, & il ſeroit bien aiſé d'aſſigner pour tous

les

les lieux la direction magnétique. On n'auroit qu'à tirer par chaque lieu un cercle, qui paſſât en même tems par les deux poles magnétiques, & l'angle que feroit ce cercle avec le méridien du même lieu, donneroit la déclinaiſon magnétique.

Dans ce cas les deux lignes ſous lesquels la déclinaiſon eſt nulle, ſeroient des méridiens tirés par les poles magnétiques. Donc, puiſque nous avons vû qu'actuellement ces deux lignes où il n'y a point de déclinaiſon, ne ſont point des méridiens, mais qu'elles ont un tour bien bizarre, on voit bien que ce cas n'a point lieu ſur la terre. Halley a bien reconnu cette conſéquence, & s'eſt crû obligé par là de ſuppoſer un double aimant dans les entrailles de la terre, dont l'un ſeroit fixe & l'autre mobile; en conſéquence il a établi quatre poles ſur la terre, dont deux ſe trouvent près du pole boréal & les deux autres près du pole méridional, à inégales diſtances. Mais cette concluſion me paroit un peu hazardée: de ce que les lignes ſans déclinaiſon ne ſont point des méridiens, il ne s'en ſuit pas qu'il y ait quatre poles magnétiques ſur la terre: mais plûtôt qu'il n'y en ait que deux & que ces deux poles ne ſoient pas directement oppoſés l'un à l'autre, ou ce qui revient au même, que l'axe magnétique ne paſſe point par le centre de la terre.

Il reſte donc encore à conſiderer les cas où ces deux poles magnétiques ne ſont pas directement

opposés, & où l'axe magnétique ne traverse pas la terre par son centre; car en effet en embrassant l'hypothese du noyau magnétique dans la terre, quelle necessité y a-t-il, que l'un des poles magnétiques soit précisément à l'opposite de l'autre? il se pourroit bien que ce noyau ne se trouvât point au milieu de la terre, mais qu'il fut à quelque distance du centre. Or dès que les poles magnétiques ne sont plus opposés diametralement l'un à l'autre, les lignes, sous lesquelles la déclinaison est nulle, prennent effectivement un tour semblable à celui qu'on a conclu par les observations; il est même possible d'assigner aux deux poles magnétiques de telles places sur la terre, que non seulement ces lignes seroient d'accord avec les observations, mais aussi pour tous les degrès de déclinaison, tant occidentale, qu'orientale, on trouve, précisément des lignes semblables à celles qui nous ont d'abord parues si bizarres.

Donc, pour connoitre l'état de la déclinaison magnétique, il ne s'agit que de fixer les deux poles magnétiques, & alors c'est un problême de Geometrie de déterminer la route de toutes ces lignes dont j'ai parlé dans ma lettre précédente, qui sont tirées par tous les lieux où la déclinaison est la même. C'est par ce moyen encore qu'on seroit en état de rectifier ces lignes & de remplir des contrées, où les observations nous manquent; & si l'on pouvoit pour tous les tems à venir, assigner les lieux des deux poles magné-

magnétiques ſur la terre, ce ſeroit ſans doute la plus belle ſolution du problème des longitudes.

On n'a donc point beſoin d'un double aimant dans la terre ou bien des quatre poles magnétiques pour expliquer les phenomenes de la déclinaiſon magnétique, comme le grand Halley l'a crû, mais un ſimple aimant ou deux poles magnétiques ſont parfaitement ſuffiſant, pourvû qu'on aſſigne à chacun ſa juſte place. Il me ſemble que par cette réflexion nous ſommes beaucoup plus avancés dans notre connoiſſance ſur le magnétisme.

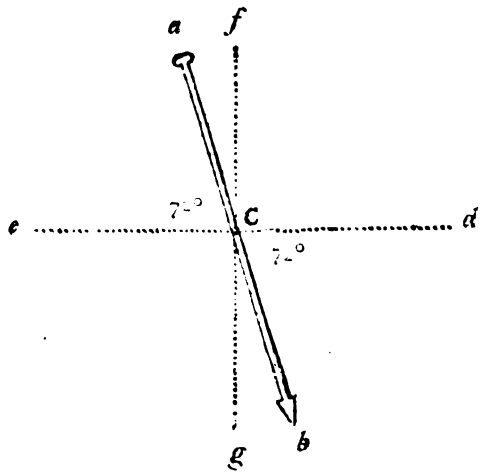
le 24. Octobre. 1761.

LETTRE CLXXV.

Qu'il plaiſe à V. A. de ſe ſouvenir que lorsque nous frottâmes ou touchâmes une aiguille ſur un aimant, elle en acquit non ſeulement la propriété de ſe diriger vers un certain point de l'horizon, mais que ſon bout boréal deſcendit auſſi comme s'il fut devenu plus peſant, ce qui nous obligea d'en ôter quelque choſe ou d'ajouter au bout oppoſé, pour remettre l'aiguille en équilibre. Or ne faiſant pas uſage de ce moyen, j'ai fait pluſieurs experiences pour m'aſſurer, jusqu'où la force magnétique fait deſcendre le bout boréal de l'aiguille aimantée, & j'ai trouvé qu'il baiſſoit jusqu'à faire un angle de 72 dégrés avec l'horizon, & que dans cette ſituation, l'aiguille reſtoit en repos; il

eſt bon de rémarquer que j'ai fait ces experiences ici à Berlin, il y a environ ſix ans; car je ferai voir dans la ſuite que cette ſituation ſous l'horizon eſt auſſi variable que la déclinaiſon magnétique.

Nous v[illegible]que la force magnétique, exerce un [illegible]r les aiguilles; l'un eſt celui dont [illegible]t amplement parlé, par lequel elle [illegible]le vers un certain côté de l'hori[illegible]loignement de la ligne méridienne [illegible] nomme la déclinaiſon magnétique. [illegible]re effet imprime à l'aiguille une i[illegible] vers l'horizon, en faiſant baiſſer l'un ou l'autre bout au deſſous de l'horizon, juſqu'à un certain angle.



Soit

Soit *de* la ligne horizontale tirée ſelon la déclinaiſon magnétique & l'aiguille prendra ici à Berlin la ſituation *ba* qui fait avec l'horizon *de*, l'angle *dcb* ou *eca*, qui eſt 72°, & par conſequent avec la verticale *fg*, un angle *bcg*, ou *acf* de 18 dégrés. Ce ſecond effet de la force magnétique, par lequel les aiguilles aimantées affectent une certaine inclination avec l'horizon, eſt auſſi remarquable que le premier; & comme le premier eſt nommé la declinaiſon magnétique, le ſecond eſt connû ſous le nom de l'inclinaiſon magnétique, qui meriteroit auſſi bien que la déclinaiſon d'être obſervée par tout avec tous les ſoins poſſibles, puisqu'on y trouve une auſſi grande varieté.

Comme l'inclination a été trouvée à Berlin de 72°, à Bâle on ne la obſervée que de 70°, le bout boréal de l'aiguille étant baiſſé & l'autre par conſequent élevé de cet angle. Cela arrive dans nos contrées qui ſont plus proches du pole magnétique boréal de la terre; & plus nous approchons de ce pole, plus l'inclination de l'aiguille devient grande, ou s'approche d'avantage de la ligne verticale; de ſorte que ſi nous pouvions arriver à ce pole même, l'aiguille y prendroit effectivement la ſituation verticale, ſon bout boréal étant tourné en bas & le méridional en haut. Au contraire plus on s'éloigne du pole boréal magnétique de la terre, & qu'on s'approche du méridional, plus l'inclinaiſon devient petite, elle diſparoitra enfin & l'aiguil-

le prendra une ſituation horizontale, quand o
ſe trouvera à des diſtances égales des deux poles
Or enſuite, s'approchant d'avantage du pole méri-
dional de la terre, ce ſera alors le bout méri-
dional de l'aiguille qui s'enfoncera de plus e
plus ſous l'horizon, le bout boréal s'élevant a
deſſus, juſqu'à ce que dans ce pole même, l'aiguil-
le deviendra de réchef verticale, tournant ſon bou
méridional en bas & le boréal en haut.

Il ſeroit bien à ſouhaiter, qu'on fit partou
des experiences auſſi ſoigneuſes pour détermine
l'inclinaiſon magnétique, que celles qu'on fait pou
la déclinaiſon; mais juſqu'ici on a trop négli
cet important article de la Phyſique experimen-
tale qui n'eſt pas certainement moins curieux
ni moins interreſſant, que celui de la declinai
ſon. Mais il n'en faut pas être ſuppris, cett
eſpece d'experience eſt ſujette à trop de diffi-
cultés, & presque toutes les manieres qu'on
imaginées juſqu'ici pour obſerver l'inclinaiſo
magnétique ont manqué des ſuccés: Il n'y eu
qu'un Artiſte de Bâle nommé Diterich, qui y
a reuſſi; ayant conſtruit une machine propre
ce deſſein ſuivant les vues du celebre Mr. *Danie
Bernoulli*. Il m'avoit envoyé deux de ces ma-
chines par le moyen desquelles j'ai obſervé ic
cette inclination de 72 dégrés, & quelque cu-
rieux que ſoient d'ailleurs les Anglois & le
François ſur ces ſortes de decouvertes, ils ne fi-
rent pas grand cas de la machine de Mr. *Dite
rich*, quoiqu'elle ſoit la ſeule propre à ce des-
ſein

ſein. C'eſt un grand exemple qui nous fait voir, combien les prejugés ſont capables d'arreter les progrès des ſciences. Par cette raiſon on peut ſoutenir, que Bâle & Berlin ſont encore les ſeuls endroits ſur la terre, où l'on connoit l'inclinaiſon magnétique.

Les aiguilles faites pour les bouſſoles ne ſont pas abſolument propres à nous montrer la quantité de l'inclination magnétique, quoiqu'elles en indiquent groſſierement l'effet, parceque le bout boréal devient dans nos contrées plus peſant; pour faire uſage de ces aiguilles deſtinées à nous decouvrir la déclinaiſon, nous ſommes plutot obligés de détruire l'effet de l'inclinaiſon, en rendant ou plus leger le bout boréal ou plus peſant le bout méridional. Pour ramener l'aiguille dans la ſituation horizontale, on ſe ſert ordinairement du dernier remede, & on attache un peu de cire au bout méridional de l'aiguille. Mais V. A. comprend aiſement que ce remede n'a lieu qu'ici, où la force inclinatoire eſt d'une certaine grandeur & que ſi nous voyageons avec une telle aiguille vers le pole boréal magnétique de la terre, la force inclinatoire deviendra auſſi plus grande, de ſorte que pour en empecher l'effet il faudra ajouter encore de la cire ſur le bout méridional. Mais ſi nous voyageons vers le midi & que nous approchions de l'autre pole de la terre, où la force inclinatoire ſur le bout boréal de l'aiguille devient plus petite, il faut alors diminuer la cire attachée à l'autre bout

enſuite l'oter tout à fait, parceque elle eſt inutile, ſi l'on parvient à des endroits où l'inclinaiſon magnétique s'évanouit. Or paſſant ce terme & approchant d'avantage du pole méridional, le bout méridional de l'aiguille eſt pouſſé en bas, de maniere que pour prevenir cet effet, il faut attacher de la cire au bout boréal de l'aiguille. C'eſt auſſi effectivement de ce moyen qu'on ſe ſert dans les grands voyages pour maintenir la bouſſole dans une ſituation horizontale.

Or pour obſerver l'inclinaiſon magnétique, il faudroit avoir des inſtrumens faits exprès, & même ſemblables à celui que l'Artiſte de Bâle a inventé; on nomme un tel inſtrument un Inclinatoire, mais il n'y a pas apparence, qu'on en faſſe ſi tôt uſage *). Encore moins pouvons nous eſperer, qu'on faſſe bientot des cartes ſur l'inclinaiſon magnétique ſemblables à celles où l'on nous à repréſenté la déclinaiſon: on y pourroit bien ſuivre la même methode, & tirer des lignes par tous les lieux où l'inclinaiſon magnétique ſera la même, de ſorte qu'on y auroit des lignes ſans inclinaiſon enſuite d'autres lignes où l'inclinaiſon eſt de 5°, 10°, 15°, 20° &c. tant vers le nord que vers le ſud.

le 27 d'Octobre 1761.

LET-

*) Depuis, à l'occaſion du dernier paſſage de Venus au devant du disque du Soleil, Mrs. Mallet & Pictet de Genéve, appellés à obſerver ce paſſage en Laponie, ont fait uſage d'un tel Inclinatoire, & ont trouvé au mois de May de l'année 1769, l'inclinaiſon magnetique d'abord à St. Petersbourg de 73°, 40′; & enſuite en Laponie à Kola de 77°, 45′; à Oumba de 75°, 10′ & à Ponoi de 76°, 30′.

LETTRE CLXXVI.

Pour ſe former une juſte idée de l'effet de la force magnétique de la terre, il faut avoir égard tant à la déclinaiſon qu'à l'inclinaiſon des aiguilles aimantées dans chaque lieu de la terre; nous ſavons qu'à Berlin la déclinaiſon eſt de 15°, vers l'Occident; & que l'inclinaiſon au bout boréal eſt de 72°. En conſiderant ce double effet, la déclinaiſon & l'inclinaiſon, on aura la veritable direction magnétique; ainſi pour ſavoir la veritable direction magnétique pour Berlin, on tirera d'abord ſur un plan horizontal une ligne qui faſſe avec la méridienne un angle de 15°, vers l'Occident, & de là en deſcendant vers la ligne verticale on tracera une nouvelle ligne qui faſſe un angle de 72° avec celle-là; & celle-cy nous montrera la direction magnétique pour Berlin, d'où V. A. comprend, comment on devroit aſſigner pour tout autre endroit la direction magnétique, pourvu qu'on y connut tant l'inclinaiſon que la déclinaiſon.

Or chaque aimant nous découvre des phénomenes tout à fait ſemblables, on n'a qu'à le mettre ſur une table couverte de limaille de fer, & l'on verra que la limaille ſe diſpoſera autour de l'aimant B A, à peu près comme la figure cy-après le repréſente, où chaque parcelle de limaille peut être regardée comme une petite aiguille aimantée qui nous fait voir en chaque point autour de l'aimant, la direction magnétique. Cette experience nous conduit à chercher la cauſe de tous ces phénoménes magnétiques.

L'ar-

L'arrangemeut que nous obſervons dans la limaille de fer ne nous laiſſe pas douter que ce ne ſoit une matiere ſubtile & inviſible qui enfile les parcelles de la limaille, & les diſpoſe dans la direction que nous voyons. Outre cela il eſt également clair que cette matiére ſubtile traverſe l'aimant même, en y entrant par l'un de ſes poles, & ſortant par l'autre : de ſorte qu'elle forme par ſon mouvement continuel autour de l'aimant, un tourbillon qui reconduit la matiere ſubtile d'un pôle à l'autre & il n'y a aucun doute que ce mouvement ne ſoit extremement rapide.

C'eſt donc dans un tourbillon continuel, que conſiſte la nature des aimans, ce qui les diſtingue de tous les autres corps ; & la terre elle même, en qualité d'aimant, ſera entourée d'un tel tourbillon, qui agit partout ſur les aiguilles aimantées, & fait des efforts pour les diſpoſer ſuivant ſa propre direction qui eſt la même que j'ai nommé auparavant la direction magné-

magnétique ; cette matiere ſubtile ſort donc continuellement par l'un des poles magnétiques de la terre, & après en avoir fait le tour jusqu'à l'autre pole, elle y rentre & la traverſe dans toute ſon épaiſſeur, jusqu'à ce qu'elle s'échape de nouveau par le premier pole.

Or on ne ſauroit encore décider par lequel des deux poles magnétiques de la terre, elle entre ou ſort, les phenomenes qui en dependent, ſe reſſemblent ſi parfaitement, qu'on ne les ſauroit diſtinguer. C'eſt auſſi ſans doute ce tourbillon general de la terre qui fournit la matiere ſubtile à tous les aimants partiaux & au fer ou acier aimanté & qui entretient les tourbillons particuliers qui les environnent.

Pour approfondir la nature de cette matiere ſubtile & ſon mouvement, il faut d'abord remarquer qu'elle n'agit que ſur les aimants, le fer & l'acier ; tous les autres corps lui ſont abſolumant indifferens ; il faut donc qu'elle ſe trouve dans une toute autre rélation à l'egard des aimants & du fer que des tous les autres corps. Pluſieurs experiences nous obligent de ſoutenir, que cette matiere ſubtile traverſe librement tous les autres corps & même en tout ſens : car, quand un aimant agit ſur une aiguille, l'action eſt parfaitement la même, ſoit qu'on mette quelques corps entr'eux, ou qu'on n'y en mette pas, pourvu que ce ne ſoit point du fer, & c'eſt auſſi de la même maniere qu'un aimant exerce ſon action ſur la limaille de

fer.

fer. Il faut donc bien que cette matiere ſubtile traverſe tous les corps, hormis le fer, auſſi librement que l'air, & même le pur éther, puiſque ces experiences réuſſiſſent également dans un eſpace vuidé d'air par la machine pneumatique. Cette matiere ſubtile eſt par conſéquent auſſi differente de l'éther, & même beaucoup plus ſubtile. Enſuite à cauſe du tourbillon general de la terre, on peut dire qu'elle environne toute la terre & qu'elle en traverſe librement toute la maſſe, tout comme les autres corps à l'exeption du fer & des aimants : & c'eſt pour cette raiſon qu'on pourroit nommer le fer & l'acier des corps magnétiques, pour les diſtinguer de tous les autres corps.

Mais ſi la matiere magnétique paſſe librement à travers de tout corps non magnetique, quel rapport aura-t-elle avec les corps magnétiques ? Nous venons de voir que le tourbillon magnétique entre par l'un des poles de chaque aimant, & ſort par l'autre, d'où l'on pourroit conclure qu'il traverſe auſſi librement les aimants ; ce qui ne le diſtingueroit pas des autres. Mais quand la matiere magnétique ne traverſe les aimants que d'un pole à l'autre, c'eſt une circonſtance bien différente de celle qui à lieu dans les autres. Voilà donc le caractere diſtinctif. Pour les corps non magnétiques, ils ſont traverſés librement par la matiere magnétique & en tout ſens : Pour les aimants, ils n'en ſont traverſés que dans un ſeul ſens, l'un des poles

poles étant deſtiné à l'entrée & l'autre à la ſortie. Pour le fer & l'acier, quand ces corps ſont aimantées, il ſont auſſi traverſés par la matiere magnétique, ſeulement dans un ſeul ſens, ſelon la nature des pôles magnétiques, mais quand ces corps ne ſont pas encore aimantés, on peut dire, qu'ils n'accordent point un paſſage libre à la matiere magnétique dans aucun ſens.

Cela paroitra étrange, puisque le fer a des pores ouverts, qui transmettent l'ether même qui n'eſt pas pourtant ſi ſubtil que la matiere magnétique. Mais il faut bien diſtinguer un ſimple paſſage, d'un autre où la matiére magnétique puiſſe traverſer le corps avec toute ſa rapidité ſans rencontrer aucun obſtacle.

le 31. d'Octobre. 1761.

LETTRE CLXXVII.

Il s'en faut beaucoup, que je pretende parfaitement expliquer les phénoménes du magnétisme; j'y trouve des difficultés que je n'ai pas rencontré dans les phénoménes de l'èlectricité. La cauſe en eſt ſans doute, que l'électricité conſiſte dans un trop grand ou trop petit dégré de compreſſion d'un fluide ſubtil qui occupe les pores des corps ſans que ce fluide ſubtil qui eſt l'éther, ſe trouve dans un mouvement actuel, mais le magnétisme ne ſauroit être expliqué, à moins qu'on ne ſuppoſe un tourbillon rapidement agité, qui pénetre les corps magnétiques.

La

La matiere qui conſtitue ces tourbillons eſt auſſi beaucoup plus ſubtile que l'éther, & traverſe librement les pores des aimants qui ſont impénétrables à l'éther même. Or cette matiére magnétique eſt répandue & mêlée dans l'éther tout de même que l'éther eſt melé avec l'air groſſier, ou comme l'éther occupe & remplit les pores de l'air, on peut dire, que la matiére magnétique eſt renfermée dans les pores mêmes de l'éther,

Maintenant, je conçois que l'aimant & le fer ont des pores ſi petits, que l'éther tout entier ne ſauroit entrer, & qu'il n'y a que la matiére magnétique qui les puiſſe pénétrer; & qui en y entrant, ſe ſépare de l'éther, deſorte qu'il s'y fait pour ainſi dire, une filtration. Ce n'eſt donc que dans les pores de l'aimant, que la matiére magnétique ſe trouve toute pure; par tout allieurs elle eſt mêlée, & diſperſée par l'ether, tout comme l'éther lui même eſt diſperſé par la maſſe de l'air.

V. A. imaginera aiſement pluſieurs ſemblables fluides, dont l'un eſt toujours plus ſubtil que l'autre, & qui ſont parfaitement mêlés enſemble. La nature nous en offre des exemples nullement équivoques. Nous ſavons que l'eau renferme dans ſes pores, des particules d'air que nous y voyons ſouvent monter en formes de petites bulles, enſuite il n'y a plus de doute que l'air ne renferme dans ſes pores un fluide incomparablement plus ſubtil, qui eſt l'éther,

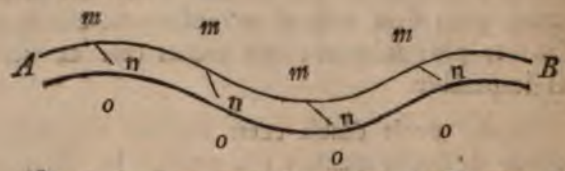
&

& qui s'en ſépare même en pluſieurs occaſions comme nous avons vû dans l'électricité. A préſent nous voyons que cette progreſſion va plus loin, & que l'éther contient encore une matiére beaucoup plus ſubtile, qui eſt la matiére magnétique; peut être celle-ci en renferme-t-elle encore d'autres plus ſubtiles, du moins cela ne ſeroit pas impoſſible.

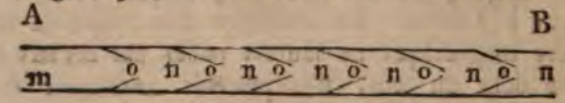
Après avoir établi cette matiére magnétique, voyons de quelle maniere elle produit les phénoménes magnétiques. Pour cet effet je conſidere d'abord un aimant, & je dis premierement, qu'outre une très grande quantité de pores remplis d'éther, comme tous les autres corps, l'aimant contient encore des pores beaucoup plus étroits, où la ſeule matiére magnétique peut entrer. En ſecond lieu, que ces pores ſont diſpoſés de maniere à avoir une communication entr'eux, & conſtituent des tuyaux ou canaux par leſquels la matiére magnétique paſſe d'un bout à l'autre. En troiſieme lieu, que la matiére magnétique ne ſauroit paſſer par ces tuyaux que dans un ſens, ſans pouvoir retourner dans le ſens contraire; cette circonſtance qui eſt très eſſentielle, demande un plus grand éclairciſſement.

Je remarque donc d'abord, que les veines & les vaiſſeaux lymphatiques dans les corps des animaux ſont des tuyaux d'une conſtruction ſemblable. Il y a dans les veines de certaines ſouspapes, répréſentées dans la figure-cy jointe par

les traits *m n*; dont la fonction eſt, que tant que le ſang coule de A vers B ces ſoupapes ſe levent & lui accordent un libre paſſage, mais elle empêchent en même tems le ſang de refluer de B vers A.



Car ſi le ſang vouloit couler de B vers A, il pouſſeroit le bout libre de la ſoupape *n* vers le côté *o* de la veine & la ſoupape fermeroit le paſſage entierement; On ſe ſert de ſemblables ſoupapes dans les conduits d'eau, pour empêcher que l'eau ne puiſſe retourner. Par cette raiſon je crois ne ſuppoſer rien qui ſoit contraire à la nature, quand je dis que les canaux, dans les aimants qui n'admettent que la matiére magnétique, ſont d'une ſemblable conſtruction.



La figure cy-jointe répréſente un tel canal magnétique, comme je me l'imagine. Je le conçois velú en dedans, de ſorte que les poils ſont dirigé de A vers B, & qu'ils n'oppoſent aucun obſtacle à la matiére magnétique, quand elle paſſe de A vers B, puisqu'alors ces poils s'ouvrent d'eux-mêmes en *n* pour laiſſer paſſer la matiére en *o*; mais ces mêmes poils ferment d'abord

le

le paſſage, ſi la matiére magnétique vouloit rétrograder de B vers A. Voilà donc en quoi conſiſte la nature des canaux magnétiques: c'eſt qu'ils ne permettent l'entrée à la matiére magnetique qu'au bout A, pour y couler vers B, ſans aucun empêchement; mais il ſeroit impoſſible, qu'elle les traverſât en ſens contraire de B vers A.

Cette conſtruction nous met en état d'expliquer, comment la matiére magnétique entre dans ces tuyaux, & comment elle les traverſe avec la plus grande rapidité, lors même que l'éther tout entier eſt dans un repos parfait, ce qui eſt d'autant plus ſurprenant. Car par où un tel mouvement ſi rapide peut-t-il être produit? La choſe deviendra très claire, ſi V. A. veut bien ſe ſouvenir, que l'éther eſt une matiére extrêmement élaſtique; donc la matiére magnétique qui eſt diſperſée, en ſera de toutes parts preſſée. Cela poſé, ſoit le canal magnétique A B encore tout à fait vuide & qu'à l'entrée A il ſe trouve une molécule de la matiére magnétique *m* laquelle étant preſſée de toute part, excepté là où elle touche le canal, (puiſque l'éther ne ſauroit entrer dans le canal), elle ſera pouſſée avec la plus grande force vers le canal; & ainſi elle y entrera actuellement avec la plus grande rapidité; bientôt une autre molécule de la matiére magnétique, dont l'éther eſt copieuſement chargé, ſe préſentera à l'entrée du canal & y ſera pouſſée avec la même force; & ainſi des molécules ſuivantes, deſorte qu'il en reſultera un flux

continuel de matiére magnétique par un tel canal ; & puisque ce flux ne rencontre aucun obſtacle dans le tuyau, la matiére magnétique ſortira en B avec la même rapidité, dont elle eſt entrée en A.

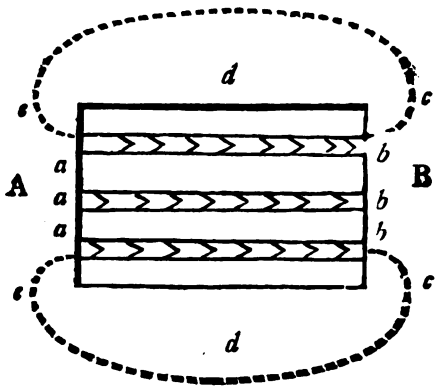
Je conçois donc que tout aimant contient une grande multitude de tels canaux que je nomme magnétiques, & de là il s'enſuit très naturellement, que la matiére magnétique diſperſée par l'éther, y doit entrer par un bout & ſortir par l'autre, avec une grande impétuoſité ; ou bien nous aurons un courant perpetuel de matiére magnétique, par les canaux de l'aimant : par là j'eſpere avoir ſurmonté les plus grands obſtacles, qu'on rencontre dans la Theorie du magnétisme.

le 3 Novembre 1761.

LETTRE CLXXVIII.

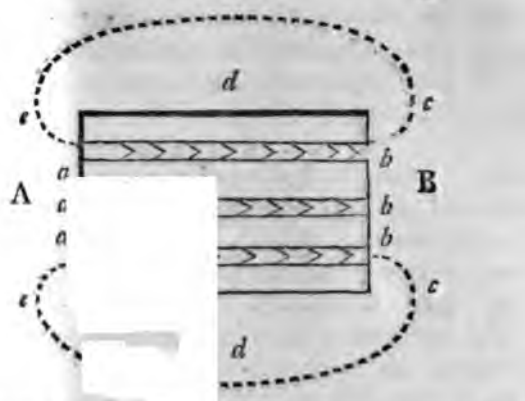
V. A. vient de voir, en quoi conſiſte le caractere diſtinctif des aimans, ſavoir, qu'un aimant eſt pourvû de pluſieurs canaux, tels que je viens d'en donner la deſcription.

La figure cy-jointe répréſente un aimant A B avec trois canaux magnétiques *a b*, par les quels la matiére magnétique coulera avec la plus grande rapidité, en y entrant par les bouts *a*, & ſortant par les bouts *b* : elle en ſortira bien avec la même rapidité, mais rencontrant d'abord de l'éther mêlé dans l'air groſſier, elle y trouvera de très grands obſtacles qui s'oppoſent à la continuation de ſon mouvement ſelon ſa direction



ction & en conſequence ſon mouvement ſera non ſeulement rallenti, mais ſa direction ſera auſſi détournée vers les cotés *c c*. La même choſe arrivera à l'entrée, vers les bouts *a a a*, ou à cauſe de la rapidité dont les molécules de la matiére magnétique entrent dans ces bouts; le tour viendra bientôt à celles qui ſont encore plus vers les côtés *e e*, & qui ſeront à leur tour remplacées par celles qui étant ſorties des bouts *bbb* ont déjà été détournées vers *c c*, en ſorte que bientôt, la même matiére magnétique qui eſt ſortie par les bouts *bbb* retourne vers les bouts *aaa* en faiſant le tour *b c d e a*; & ce mouvement, qui ſe fera tout autour de l'aimant, eſt ce que nous nommons *tourbillon magnétique*.

Cependant il ne faut pas s'imaginer, que c'eſt toujours la même matiére magnétique, qui forme ces tourbillons; une bonne partie s'en échap-



pera ſans doute, tant ers B, que vers les côté en faiſant le tour ; mais, en recompenſe, il entrer par les bouts *a a a* de la nouvelle matiére magné tique, de ſorte que la matiére qui conſtitue l tourbillon, eſt compenſée & bien variable; cepen dant il ſe conſervera toujours un tourbillo magnétique, dont l'aimant ſera entouré, & qu produit les phénomenes obſervés cy-deſſus dan la limaille de fer, qu'on jette autour de l'aiman

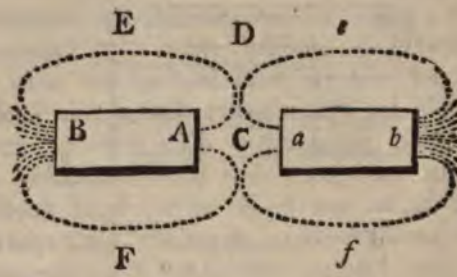
Que V. A. faſſe attention à cette circonſtan ce que le mouvement de la matiere magnétiqu dans le tourbillon hors de l'aimant, eſt incom parablement plus lent, que dans les tuyau magnétiques, où elle eſt ſeparée de l'éther, ayant été pouſſée par toute la force élaſtique d l'éther. Et que dès qu'elle ſort, elle ſe mê de nouveau avec l'éther, & y doit perdre l plus grande partie de ſon mouvement, de ſort que la viteſſe dont elle fait le tour de l'aiman pou

pour rentrer par les bouts *aaa* eſt incomparablement plus petite que dans les canaux magnétiques *ab*, quoiqu'elle ſoit encore très grande à notre égard. Maintenant V. A. comprendra aiſément, que les bouts des canaux magnétiques, par leſquels la matiére entre dans l'aimant, & par leſquels elle en ſort, ſont ce que nous nommons les poles d'un aimant; d'ou je dois remarquer que les poles magnétiques d'un aimant, ne ſont rien moins que des points mathématiques, toute la place où les uns & les autres bouts des canaux magnétiques aboutiſſent, étant un pole magnétique, comme dans l'aimant répreſenté au commencement, où toute la face A & la face B en ſont les deux poles.

Or comme ces poles ſont diſtingués en boréal & en méridional, on ne ſauroit dire, ſi c'eſt par le pole boréal ou méridional, que la matiére magnétique entre dans les aimants. V. A. verra dans la ſuite, que tout phénomene qui eſt produit, tant par l'entrée, que par la ſortie, ſe reſſemble ſi parfaitement, qu'il paroit abſolument impoſſible de décider cette queſtion par les experiences. Par cette raiſon il ſera indifferent de ſuppoſer, que la matiére magnétique entre par le pole boréal, & ſort par le méridional, ou bien qu'elle entre par le méridional & ſort par le boréal, peu importe.

Mais quoiqu'il en ſoit, je remarqueral par la lettre A, le pole où la matiere magnétique entre, & B, l'autre pole où elle ſort, ſans me ſoucier le quel eſt boreal ou méridional. Main-

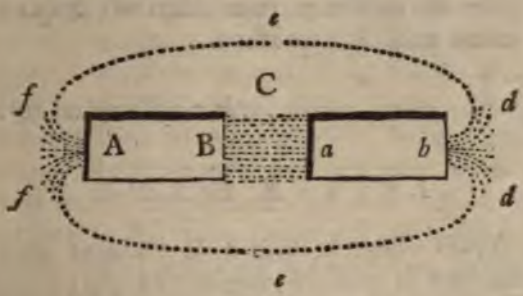
tenant nous n'avons qu'à réflechir ſur ces tourbillons, pour juger comment deux aimants agiſſent l'un ſur l'autre.



Suppoſons que deux aimants A B, & *a b* ſe regardent par les poles du même nom A, *a*, & leurs tourbillons ſeront tout à fait contraires entr'eux. La matiére magnétique en C entrera en partie par A en partie par *a* & ces deux tourbillons tachant de ſe détruire l'un l'autre, la matiére qui avance par E pour rentrer en A rencontre en D celle de l'autre aimant, qui revient par *e* pour rentrer en *a*; delà il doit naître un choc entre ces deux tourbillons par lequel l'un repouſſe l'autre & cet effet rejaillit ſur les aimants mêmes, qui dans cette ſituation ſe repouſſent l'un l'autre. La même choſe arriveroit ſi les deux aimants ſe regardoient par les autres poles B & *b*; c'eſt pourquoi on nomme les poles du même nom *ennemis*, puiſqu'ils ſe repouſſent mutuellement.

Mai

Mais ſi les aimants ſe regardent par les poles de different nom, il s'en ſuivra un effet contraire & V. A verra aiſément, qu'ils ſe doivent attirer l'un l'autre.

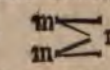


Dans la figure cy-jointe, ou les deux aimants ſe regardent par les poles B & *a*, la matiére magnétique qui ſort par le pole B, trouvant dabord la commodité d'entrer dans l'autre aimant par ſon pole *a*, ne ſe détournera point vers les côtés, pour rentrer en A, mais elle paſſera directement par C dans l'autre aimant, d'où elle ſortira en *b*, de là elle fera le tour par les côtés *d d* pour retourner non pas au pole *a*, mais au pole A de l'autre aimant, en faiſant le tour par *e* & *f*. Ainſi les tourbillons de ces deux aimants ſe réuniront dans un ſeul, comme s'il n'y avoit qu'un ſeul aimant. Or ce ſeul tourbillon étant de toute part comprimé par l'éther, pouſſera les deux aimants l'un vers l'autre, & il ſemblera que les deux aimants s'attirent mutuellement.

Voila donc la raiſon pourquoi les poles de differents noms ſont nommés *amis*, & les poles du même nom *ennemis*, & V. A. comprend le phénomene principal des aimants, qui eſt, que les poles de differents noms s'attirent & que ceux du même nom ſe repouſſent.

le 7 Novembre 1761.

LETTRE CLXXIX.

Ayant établi la nature de l'aimant dans ces canaux que la matiére magnétique peut traverſer dans un ſens ſeulement, les ſoupapes, dont ces canaux ſont parſemés, empêchant le retour en ſens contraire, V. A. comprendra aiſément, que ces canaux ne ſont qu'une continuation de certains pores de cette figure  velu en dedans, dont les poils *m n* ſont dirigés en même ſens, deſorte que pluſieurs ſemblables particules étant jointes enſemble & dirigés en même ſens conſtituent un canal magnétique. Donc il ne ſuffit pas que la matiére de l'aimant renferme pluſieurs particules ſemblables, il faut outre cela qu'elles ſoient diſpoſées enſorte qu'il en reſulte des canaux continués d'un bout à l'autre, afin que la matiére magnétique les puiſſe traverſer.

Or je conçois à preſent que tant le fer que l'acier contiennent de ſemblables particules en grande abon-

abondance, mais qui ne ſont pas diſpoſées de la façon que je viens de décrire, elle ſont plutot diſperſées par toute la maſſe, & il n'y manque que cette diſpoſition pour que ces corps ſoient auſſi de vrais aimants. Ils conſervent bien alors toutes leurs autres qualités, & ne ſe diſtinguent des autres morceaux de fer & d'acier, que parce qu'ils ſont en outre doués des propriétés de l'aimant; une aiguille & un couteau rendent les mêmes ſervices, ſoit qu'il ayent acquis la vertu magnétique, ou non. Le changement qui ſe fait dans l'interieur en rangeant les particules dans l'ordre que le magnétiſme exige, ne ſauroit être remarqué par dehors, or un tel fer ou acier qui a acquis la force magnétique, eſt nommé un aimant artificiel, pour le diſtinguer de l'aimant naturel, qui réſſemble à une pierre, quoique les propriétés magnétiques ſoient les mêmes dans les uns & les autres. V. A, ſera ſans doute curieuſe d'appreudre de qu'elle maniere le fer & l'acier peuvent être portés à recevoir la force magnétique, ou devenir des aimants artificiels? La choſe eſt fort aiſée, & le ſeul voiſinage d'un aimant eſt capable de rendre le fer un peu magnétique; c'eſt le tourbillon magnétique qui produit cet effet, ſans que le fer touche l'aimant.

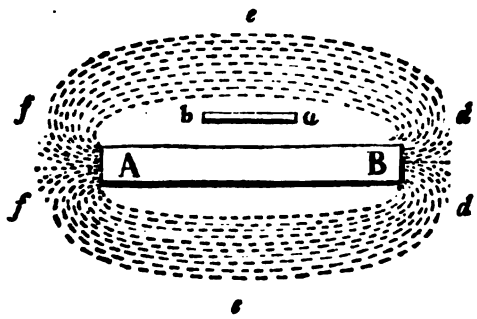
Quelque dur que nous paroiſſe le fer, les moindres particules, qui renferment les pores magnétiques repreſentés-cy deſſus, ſont très mobiles dans la ſubſtance du fer & la moindre force ſuffit pour changer leur ſituation. Donc

la

la matiere magnétique du tourbillon, en entrant dans le fer, diſpoſera aiſément les premiers pores magnétiques qu'elle y rencontre, ſuivant ſa direction, au moins ceux dont la ſituation n'eſt pas fort differente ; & ayant paſſé ces pores, elle agira de la méme maniere ſur les pores ſuivants : jusqu'à ce qu'elle ſe ſera pratiqué un paſſage au travers du fer, & formé par là quelques canaux magnétiques. Or la figure du fer contribue auſſi beaucoup à faciliter ce changement ; une figure allongée & placée ſelon la direction du tourbillon, y eſt la plus propre, puisque la matiére magnétique en paſſant par toute la longueur, y diſpoſe beaucoup de particules dans leur juſte ſituation, pour former des canaux magnétiques plus longs, & il n'y a aucun doute, que plus il y aura pour former des canaux, & que plus ces canaux ſeront longs ſans aucune interruption, plus ſera fort le mouvement de la matiére magnétique, d'où parconſequent auſſi la force magnétique deviendra plus grande.

On a auſſi remarqué, que lorsqu'on ſecoue fortement, ou frappe le fer poſé dans un tourbillon magnétique, il en acquiert un plus haut degré de magnétisme, par ce que les moindres particules ſont ebranlées par ces ſecouſſes & par la deliées pour ſe préter plus facilement à l'action de la matiere magnétique qui les pénetre.

Ainſi



Ainſi poſant une petite barre de fer *a b* dans le tourbillon de l'aimant A B, enſorte que ſa direction *a b* convienne à peu près avec celle du courant *d e f* de la matiére magnétique, elle traverſera aiſément la barre & y formera des canaux magnétiques, ſur tout quand on ſecoue ou frappe cette barre en même tems, pour faciliter le paſſage. On voit auſſi que la matiére magnétique qui entre par le pole A & ſort par le pole B de l'aimant, entrera dans la barre par le bout *a* & ſortira par le bout *b*, de ſorte que le bout *a* deviendra le pole du même nom A, & *b* de celui B. Enſuite ôtant cette barre *a b* du tourbillon magnétique, elle ſera un aimant artificiel, quoique bien foible, qui formera ſon propre tourbillon & conſervera ſa force tant que les canaux magnétiques n'y ſeront point interrompus. Or cela arrivera d'autant plus aiſément que les pores dans le fer ſont mobiles; d'où l'on voit que la même circonſtance qui aide à produire le magnétisme, ſert auſſi à le détruire.

Un

Un aimant naturel n'eſt pas tant aſſujetti à un tel affoibliſſement, puisque ſes pores tiennent beaucoup plus fermes, & il faut des efforts plus conſiderables pour les déranger ; J'en parlerai plus en détail dans la ſuite.

Ici je me propoſe d'expliquer la maniere la plus naturelle pour rendre le fer magnétique, quoique la force qu'il en acquiert ſoit très petite ; cela nous ſervira à comprendre un phénomene très rémarquable & aſſés univerſel On a obſervé que les pinceaux de chéminée & d'autres outils de fer qu'on tient ordinairement dans un ſituation verticale, de même que les barres de fer qu'on met ſur les clochers acquierent avec le tems une force magnétique aſſez ſenſible; auſſi s'eſt on apperçu qu'une barre de fer étant battue dans une ſituation verticale, ou après l'avoir fait rougir au feu étant trempé dans l'eau froide dans la même ſituation dévient un peu magnétique, ſans l'approche d'aucun aimant.

Pour comprendre la raiſon de ce phenomene V. A. n'a qu'à ſe ſouvenir que la terre elle même eſt un aimant, & conſequement entourée d'un tourbillon magnétique, dont la declinaiſon & l'inclinaiſon de l'aiguille aimantée montre en chaque lieu de la terre la veritable direction; donc ſi une barre de fer ſe trouve longtems dans cette ſituation, nous n'avons pas lieu d'être ſurpris quand elle dévient magnétique. Or nous avons

vu

vu auſſi, qu'ici à Berlin l'inclinaiſon de l'aiguille aimantée eſt de 72 dégrés & comme presque partout en Europe, elle eſt environ de la même grandeur, cette inclinaiſon ne differe que de 18° de la ſituation verticale; & ainſi la ſituation verticale ne différe pas beaucoup de la direction du tourbillon magnétique. Donc une barre de fer, qu'on a tenû longtems dans la ſituation verticale, ſera enfin pénetrée par le tourbillon magnétique, & doit acquerir par conſequent une force magnétique.

En d'autres contrées, où l'inclination eſt inſenſible ce qui arrive à peu près ſous l'équateur, ce n'eſt plus la direction verticale, qui rend les barres de fer magnétiques, il les faut plutôt poſer horizontalement, enſorte que leur direction convienne avec la déclinaiſon magnétique, ſi l'on veut qu'elles acquierent une force magnétique. Je ne parle ici que du fer, l'acier eſt trop dur pour ce deſſein, il faut employer des moyens plus efficaces pour le rendre magnétique.

le 10 Novembre 1761.

LETTRE CLXXX.

Quoique la terre toute entiere puiſſe être conſidérée comme un grand aimant, & qu'elle ſoit environnée d'un tourbillon magnétique, qui dirige partout les aiguilles aimantées, ſa force magnéti-

gnétique eſt pourtant tres foible & beaucoup plus petite que celle d'un aimant très mediocre, ce qui paroît très étrange à cauſe de l'énorme grandeur de la terre.

Mais la raiſon en eſt ſans doute, que nous ſommes très eloignés des veritables poles magnétiques de la terre, qui ſelon toute apparence ſont enſevelis à une très grande profondeur : or quelque fort que ſoit un aimant, ce n'eſt que fort près de lui, que ſa force eſt conſiderable & plus on s'en eloigne, plus elle devient petite & s'évanouit bientôt. Par cette raiſon la force magnétique que des maſſes de fer poſées convenablement dans le tourbillon de la terre, acquierent avec le tems, n'eſt que très petite, & à peine ſenſible, à moins que le fer ne ſoit très mou & qu'il n'ait une figure propre à produire un tourbillon, comme j'ai eu l'honneur de le faire remarquer à V. A.

Dans le voiſinage d'un aimant médiocre cet effet eſt beaucoup plus conſiderable, & des petites maſſes de fer y acquierent bientôt une force magnétique très ſenſible, auſſi ſont elles attirées vers l'aimant, tandis que dans le tourbillon de la terre cet effet eſt imperceptible & ne conſiſte qu'à diriger les aiguilles aimantées, ſans les attirer, ou augmenter leur poids.

Une maſſe de fer plongée dans le tourbillon d'un aimant, nous offre auſſi des phénomenes très curieux, qui méritent bien une explication particuliere ; d'abord une telle maſſe eſt non ſeulement

ment attirée vers l'aimant, mais elle attire auſſi elle même d'autres morceaux de fer. Soit A B un aimant naturel, dans le voiſinage du quel près du pole B, on place la maſſe de fer C D, & on verra, qu'elle eſt capable de ſoutenir une barre de fer E F. Qu'on applique à cette barre en F encore une regle de fer G H, dans une ſituation quelconque, par exemple horizontale, en la ſoutenant en H. & l'on s'appercevra qu'elle n'eſt pas ſeulement attirée par la barre en F mais qu'elle eſt auſſi capable de ſupporter en H encore des aiguilles comme I A, & que ces aiguilles agiſſent de plus ſur de la limaille de fer L, en l'attirant.

De telle maniere on peut propager la force magnétique à des diſtances très conſiderables & même la faire changer de direction par la diverſe poſition de ces pieces de fer, quoiqu'elle devienne de plus en plus petite. V. A. comprendra auſſi aiſément, que cet effet doit être d'autant plus grand, plus l'aimant A B eſt fort par lui même & que la premiere maſſe C D en eſt plus proche. Feu Mr. de Maupertuis avoit un gros aimant ſi excellent, qu'à une diſtance de pluſieurs pieds la maſſe de fer C D exerçoit encore une force très conſiderable.

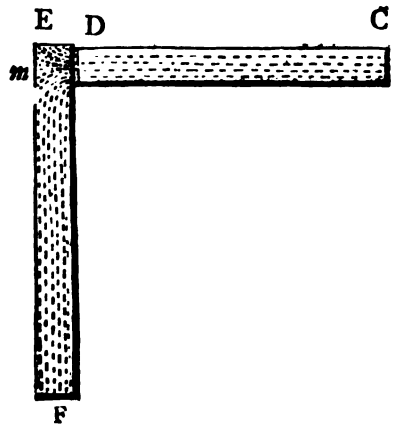
Pour expliquer ces phénomenes, V. A. n'a qu'à conſiderer que la matiére magnétique qui ſort rapidement par le pole B de l'aimant, entre dans la maſſe de fer & y diſpoſe les pores de façon à former des canaux magnétiques qu'elle traverſe enſuite librement. De la même maniere

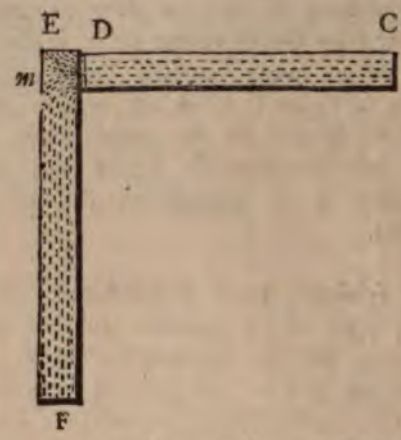
en entrant dans la barre, elle ſe formera des canaux magnétiques & ainſi de ſuite. Or dès que la matiére magnétique en ſortant d'un corps entre dans un autre, ces deux corps doivent s'attirer mutuellement par la même raiſon que j'ai prouvé, que deux aimants qui ſe regardent par leur pôles amis doivent s'attirer; & toutes les fois que nous voyons que deux fers s'attirent, nous pouvons conclure ſurement que la matiére magnétique qui ſort de l'un, entre dans l'autre, par le mouvement continuel dont elle enfile ces corps. C'eſt ainſi que dans la diſpoſition répréſentée des pieces de fer, la matiére magnétitique enfile par ſon mouvement toutes ces pieces; & c'eſt la veritable raiſon, de ce qu'elles s'attirent mutuellement.

Ces mêmes phénomenes arrivent également ſans aucune difference, lorſqu'on tourne l'autre pole A de l'aimant, où la matiére magnétique entre, vers la maſſe de fer: alors tout le mouvement devient retrograde, & conſerve la même route. Car alors la matiére magnétique contenuë dans la maſſe de fer, s'en échapera pour ſe précipiter dans l'aimant & en s'échapant, elle fera les mêmes efforts pour y ranger les pores convenablement, de même que ſi elle entroit dans le fer avec la même rapidité. Pour cet effet il faut bien que le fer ſoit aſſés mou, & ſes pores aiſément flexibles, pour obeïr aux efforts de la matiére magnétique. La ſeule difficulté que V. A. rencontrera ici, ſera ſans doute pourquoi la matiére

tiére magnétique en entrant dans une autre piece de fer, change de direction & ſe regle ſelon la longueur de ces pieces, comme j'ai répréſenté ſon cours dans la figure? C'eſt un article fort important dans la théorie du magnétisme, & qui nous fait voir combien la figure des pieces de fer contribue à la production des phénomenes magnétiques.

Pour éclaircir cette circonſtance, il faut ſe ſouvenir, que notre matiére ſubtile ſe meut très aiſément par les pores magnétiques, où elle eſt ſeparée de l'ether, & qu'elle rencontre des obſtacles très conſiderables, lorſqu'elle s'échappe des pores magnétiques avec ſa prodigieuſe viteſſe pour rentrer dans l'éther & l'air.





Suppoſons que la matiére magnétique, après avoir traverſé la barre de fer C D entre dans la regle de fer E F poſée perpendiculairement. En entrant elle conſervera bien la même direction & ſortiroit en *m*, ſi elle ne trouvoit une route plus aiſée pour continuer ſon mouvement. Or, puiſqu'elle rencontre en *m* les plus grands obſtacles, elle change d'abord tant ſoit peu de direction vers F, où trouvant des pores à la continuation de ſon mouvement, elle ſe détournera de plus en plus de ſa premiere direction, pour traverſer la regle E F dans toute ſa longueur. Il en eſt de même comme ſi la matiére magnétique avoit peur de ſortir du fer: elle tache de continuer ſon mouvement au dedans du fer, tant qu'il eſt poſſible, & la longueur de la regle lui procure ici cette commodité; ſi elle étoit très courte, la matiére magnétique

tique échaperoit ſans doute en *m*, mais à preſent elle ſuit par ſon mouvement la direction E F, que la longueur de la regle lui offre, jusqu'à ce qu'elle eſt obligée de s'échaper en F, puisque tous les canaux magnétiques formés ſelon la même direction ne permettent point que la matiére ſubtile près de F, puiſſe encore changer de direction, & retourner le long de la regle; ces canaux étant non ſeulement remplis de la matiére qui ſuit, mais auſſi par leur nature, incapables de recevoir un mouvement en ſens contraire.

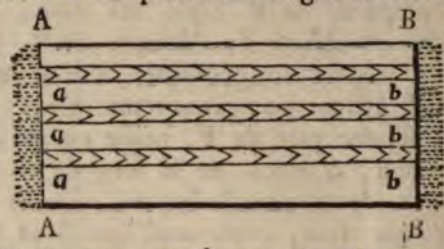
le 14. Novembre. 1761.

LETTRE CLXXXI.

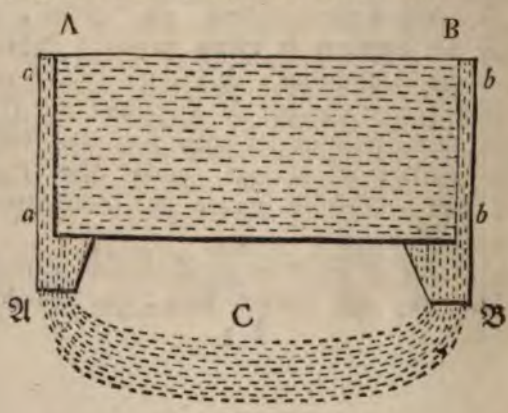
V. A. vient de voir comment le fer eſt capable de recevoir non ſeulement le courant magnétique d'un aimant & de le conduire à des diſtances aſſés conſidérables, mais auſſi d'en changer la direction. Delà, en joignant à un aimant des pieces de fer, il en eſt à peu près de même que ſi l'aimant étoit devenu plus grand, puisque le fer acquiert la même nature à l'égard de la matiére magnétique; & comme par ce moyen on peut encore changer la direction du courant magnétique, puisque les poles ſont les endroits où la matiére magnétique entre dans l'aimant & en ſort, on eſt le maitre de transporter les poles où l'on veut.

C'eſt ſur ce principe qu'eſt fondée l'armature des aimants, qui merite bien, que j'en donne,

une idée à V. A. puisque par là les aimants ſont portés à un plus haut degré de force.



Ordinairement on donne aux aimants, comme on les tire des mines, la figure d'un parallelepipede ou d'un parallelogramme rectangle avec une épaiſſeur comme A A B B, où la face A A ſoit le pole, où la matiere magnétique entre, & B B celui où elle ſort. Il eſt donc rempli ſelon la longueur A B des canaux magnétiques *a b*, que la matiére magnétique ſans le melange d'aucun éther traverſe librement avec la plus grande rapidité, y étant pouſſée par la force élaſtique de l'éther. Voyons maintenant de qu'elle maniere on eſt accoutumé d'armer un tel aimant.



A

A chaque face A A & B B où ſe trouvent les deux poles de l'aimant, on applique des plaques de fer *aa* & *bb* terminées en bas en des boutons 𝔄 & 𝔅, qu'on nomme les pieds; c'eſt ce qu'on nomme l'armature de l'aimant, & alors on dit qu'il eſt armé. Dans cet état la matiére magnétique, qui ſeroit echappée par la face B B entre dans la plaque de fer *bb*, où la difficulté de s'échaper ſuivant ſa direction dans l'air, l'oblige de changer de direction & de couler le long de la plaque *bb* dans le pied 𝔅, où elle eſt bien obligée de ſortir, n'y trouvant plus de fer pour y continuer ſon mouvement. De l'autre côté il en eſt de même; toute la matiére ſubtile y ſera conduite par le pied 𝔄, d'où elle paſſera par la plaque *aa* en changeant de direction pour entrer dans l'aimant & y parcourir les canaux magnétiques. Car d'abord la matiére ſubtile contenuë dans la plaque entre dans l'aimant, & à celle-cy ſuccede celle qui ſe trouve dans le pied 𝔄, qui eſt remplacée par celle de dehors, la quelle y étant pouſſée par l'élaſticité de l'éther, pénétre le pied 𝔄 & la plaque *aa* avec la plus grande rapidité, dont la force eſt capable d'y arranger les poles, & former des canaux magnétiques.

L'on voit par là que des deux côtés le mouvement doit être le même avec cette ſeule difference que la matiére magnétique entrera par le pied 𝔄 & ſortira par l'autre pied 𝔅, de ſorte que c'eſt à preſent dans ces pieds que ſe trouvent les poles de l'aimant armé; & comme les poles, qui étoient auparavant répandus par

les faces AA & BB, ſont à preſent réunis dans les baſes des pieds 𝔄 & 𝔅, il eſt tres naturel que la force magnétique dans ces nouveaux poles doit être conſidérablement plus grande.

Auſſi dans cet état le tourbillon magnétique ſe formera plus aiſément, la matiére magnétique qui ſort par le pied 𝔅 retournera aiſement; en paſſant par C dans le pied 𝔄, & le reſte du corps de l'aimant ne ſera plus entouré d'aucun tourbillon, ſi ce n'eſt, que quelque peu de matiere magnétique n'echappe par la plaque *b b*, ne pouvant pas changer de direction ſi ſubitement: & qu'il en entre auſſi quelque peu par la plaque *aa*, d'où naitroit auſſi un foible tourbillon qui conduiroit la matiere ſubtile immediatement par la plaque *bb* en *aa*; cependant ſi l'armature eſt bien faite, ce ſecond tourbillon eſt presque inſenſible, & par conſequent le courant entre les pieds d'autant plus fort.

La regle principale de bien armer les aimants eſt de bien polir tant les deux faces AA & BB de l'aimant que les plaques de fer, de ſorte qu'en les y appliquant, elles touchent partout parfaitement l'aimant. La raiſon en eſt bien évidente, puisque la matiére ſubtile paſſe aiſement de l'aimant dans le fer, quand il n'y a point d'autre matiére entre eux; mais dès qu'il y auroit un vuide ou de l'air entre l'aimant & les plaques, la matiere magnétique y perdroit près-que tout ſon mouvement, ſon cours ſeroit interrompu, & ne ſuffiroit plus pour ſe frayer

le

le chemin par le fer, en y formant des canaux magnétiques.

Outre cela le fer le plus mou ou le plus doux eſt le plus propre pour ces armatures, puiſque ſes pores ſont très pliables & ſe rangent fort aiſément ſelon le courant de la matiére magnétique; auſſi un tel fer paroit-il très propre à faire changer ſubitement la direction du courant; & il ſemble que la matiére magnétique affecte d'y pourſuivre ſa route auſſi longtems qu'il eſt poſſible. & qu'elle n'en ſort, que lorsqu'il ne lui eſt plus poſſible d'y continuer ſon mouvement; elle aime mieux faire les plus grands tours que de le quitter. Cela n'arrive pas dans l'aimant même, puisque les canaux magnétiques y ſont deja formés, ni dans l'acier dont les pores n'obeiſſent pas ſi aiſément aux efforts d'un courant magnétique. Mais quand une fois dans l'acier de tels canaux ſont formés, ils ſe maintiennent auſſi plus longtems, & conſervent par là leur force magnétique, pendant que le fer doux, quelque force qu'il ait exercé dans le voiſinage d'un aimant, la perd presque tout à fait, dés qu'on l'en ôte.

Pour les autres circonſtances de l'armature, il faut conſulter l'experience; comme par rapport à l'épaiſſeur des plaques, on trouve, qu'une trop grande eſt auſſi bien nuiſible qu'une trop mince; mais pour la plupart, les plaques les plus convenables ſont très minces, ce qui pourroit paroitre

roître fort étrange, ſi nous ne ſavions pas que la matiére magnétique eſt encore beaucoup plus ſubtile que l'éther, & que par conſequent, la plus mince plaque eſt ſuffiſante pour en recevoir une très grande quantité.

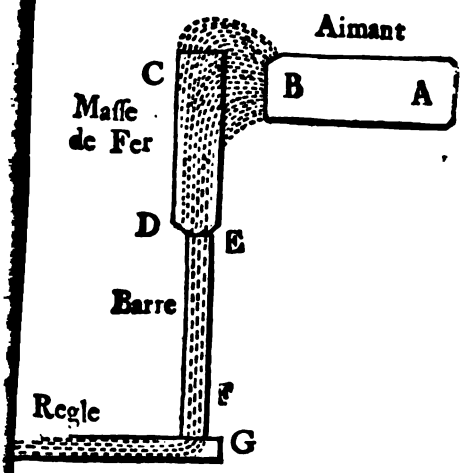
le 17 Novembre 1761.

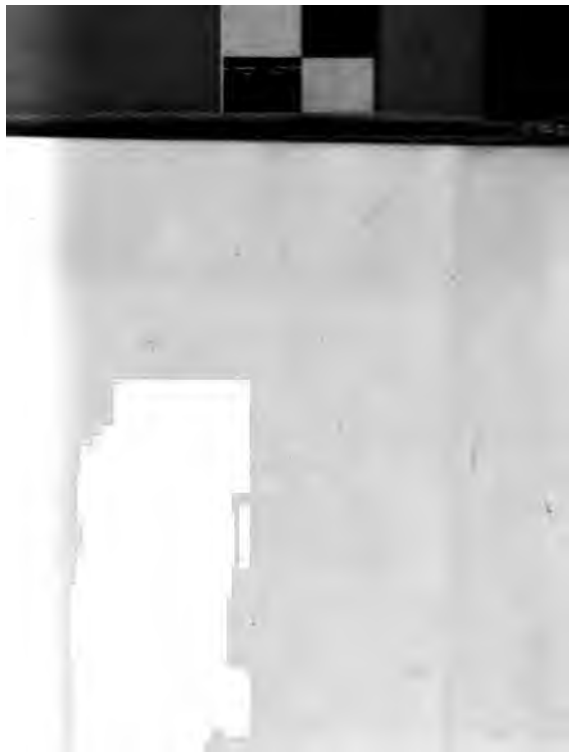
LETTRE CLXXXII.

C'eſt donc aux pieds de l'armature, qu'un aimant armé exerce ſa plus grande force, puisque ſes poles y ſont réunis, & chaque pied eſt capable de ſupporter un poids de fer, d'autant plus grand, que l'aimant eſt bon & excellent.

Ainſi un aimant A A B B armé de plaques de fer *aa* & *bb* terminées par les pieds 𝔄 & 𝔅, portera non ſeulement par le pied 𝔄 la regle de fer C D, mais celle-cy portera encore une plus petite E F, celle-cy encore une autre plus petite G H, qui portera à ſon tour encore une aiguille I K, qui enfin attirera de la limaille de fer L. La raiſon en eſt, que la matiére magnétique enfile toutes ces pieces pour entrer dans le pole 𝔄; ou ſi c'étoit l'autre pole, par lequel la matiére magnétique ſort de l'aimant, elle enfileroit de la même maniere les pieces C D, E F, G H, I K, or toutes les fois que la matiére, en ſortant d'une piece de fer, entre dans une autre, on obſerve une attraction entre ces deux pieces, ou plutot elles ſont pouſſées l'une à l'autre par l'éther environnant, parce que le courant de

LETTRE CLXXX.

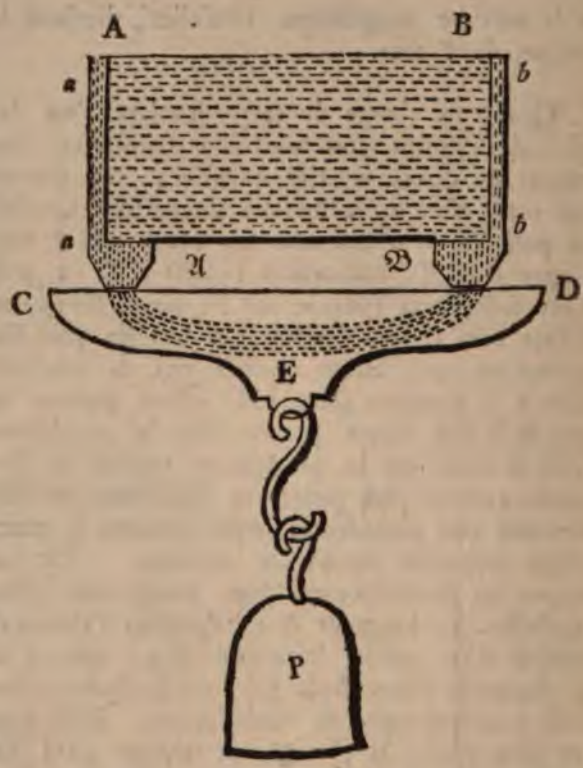




de la matiére magnétique entr'elles, diminue la preſſion de l'éther.

Quand on charge de cette maniere l'un des poles de l'aimant, ſon tourbillon ſouffre un changement de direction très eſſentiel; car comme ſans cette charge, la matiére magnétique qui ſort du pole B en détournant ſon cours coule vers l'autre pole A, maintenant l'entrée dans ce pole étant ſuffiſament fournie par les pieces ſoutenues, il faut bien que la matiére qui ſort du pole B, prenne un tout autre chemin qui la conduiſe enfin à la derniere piece IK. Une portion en ſera auſſi ſans doute portée vers la penultieme GH & auſſi vers les précédentes, puisque les ſuivantes comme plus petites ne fourniſſent pas ſuffiſamment aux précédentes, mais toujours le tourbillon s'étendra jusqu'à la derniere. Par ce moyen en proportionant bien toutes ces pieces entr'elles, en longueur & en épaiſſeur l'aimant eſt capable d'en porter beaucoup plus, que ſi on le chargeoit d'une ſeule piece où la figure entre auſſi principalement en conſidération. Mais pour lui faire porter la plus-grande charge qu'il ſoit poſſible, il faut faire en ſorte que les deux poles réuniſſent leurs forces.

Pour



Pour cet effet on applique aux deux poles 𝔄 & 𝔅 un morceau de fer doux C D, qui touche parfaitement les baſes des pieds, & dont la figure ſoit telle, que la matiére magnétique qui ſort par 𝔅, y trouve le plus commode paſſage pour rentrer par l'autre bout 𝔄; un tel morceau de fer eſt nommé le ſupport de l'aimant, &

& puisqu'en B, la matiére magnétique en ſortant de l'aimant y entre, & qu'en A en ſortant du ſupport, elle entre dans l'aimant, le ſupport ſera attiré aux deux poles à la fois, & y tiendra par conſéquent avec une force très grande. Pour connoître cette force réunie, que l'aimant exerce, on attache au ſupport par le milieu E un poid P, qu'on augmente jusqu'à ce que l'aimant ne ſoit plus capable de le ſoutenir, & alors on dit que ce poid contrebalance la force magnétique de l'aimant: ainſi V. A. entendra quand on dit, que tel aimant porte dix livres, un autre trente livres &c. On pretend auſſi que le cercueil de Mahomet eſt porté par la force d'un aimant, ce qui ne ſeroit pas impoſſible, puis qu'on à deja fait des aimans artificiels qui portent au delà de 100 livres.

Un aimant garni de ſon ſupport, ne laiſſe rien échaper de la matiére magnétique qui acheve ſon tourbillon tout entier au dedans de l'aimant & du fer, de ſorte que rien n'en échape dans l'air. Donc puisque le magnétisme n'exerce ſa force qu'entant que la matiére magnétique s'échape d'un corps pour rentrer dans l'autre, un tel aimant dont le tourbillon eſt fermé, ne devroit nulle part exercer aucune force magnétique: cependant quand on le touche ſur la plaque en *a* avec la pointe d'une aiguille, on y ſentira une forte attraction: la raiſon en eſt parce que la matiére magnétique étant obligée de changer ſubitement de direction pour entrer dans

les

les canaux de l'aimant, elle trouve à preſent une route plus commode en traverſant l'aiguille, & par conſequent elle ſera attirée à la plaque *a a*. Mais par là même, le tourbillon en dedans ſera derangé, il ne coulera plus ſi copieuſement dans les pieds; & ſi l'on touche la plaque par pluſieurs aiguilles, ou qu'on y aplique des regles de fer plus fortes, on detruira tout à fait le courant par les pieds & la force qui attire le ſupport s'évanouira entierement, de ſorte que le ſupport en ſera aiſement arraché. L'on réconnoit par là, que les pieds perdent autant de leur force magnétique que l'aimant en exerce en d'autres endroits & par là on eſt en état d'expliquer pluſieurs phénomenes très ſurprenants qui ſans la Theorie, ſeroient abſolument irreſolubles.

C'eſt ici qu'il faut auſſi rapporter l'experience qui nous apprend, qu'après avoir appliqué à un aimant armé ſon ſupport, on peut de jour en jour augmenter le poids qu'il eſt capable de porter & qu'il portera enfin un poids qui ſurpaſſe ſouvent le double de celui qu'il aura porté d'abord. Il s'agit donc de faire voir comment avec le tems la force magnétique dans les pieds de l'armature peut devenir plus grande. Or le cas rapporté cy-deſſus ſur le dérangement du tourbillon, nous apprend qu'auſſitôt qu'on a appliqué le ſupport, le courant de la matiére magnétique ſera encore aſſés irrégulier, qu'une bonne partie s'en échapera encore par la plaque *b b*, & que ce ne ſera qu'avec le tems qu'elle ſe frayera par le

le fer des canaux magnétiques ; auſſi eſt-il probable que lorsque le courant eſt dévenu plus libre, il s'en formera de nouveaux dans l'aimant même, entant qu'il contient, outre ſes canaux fixes, encore des poles mobiles comme le fer. Mais dès qu'on arrache le ſupport, le courant étant troublé par là, & ces nouveaux canaux en grande partie détruits la force redevient ſubitement auſſi petite, qu'elle a été au commencement, & il faut attendre de nouveau quelque tems, jusqu'à ce que ces canaux avec le tourbillon ſoient remis dans leur état précédent. J'avois autrefois fait un tel aimant artificiel, qui d'abord ne portoit que dix livres, & après quelque tems je fûs très ſurpris de voir qu'il en portoit plus de trente Au reſte on remarque cela principalement dans les aimants artificiels, que le ſeul tems les renforce très conſiderablement, mais auſſi que cet accroiſſement de force ne dure, que jusqu'à ce qu'on en arrache le ſupport.

le 21. Novembre 1761.

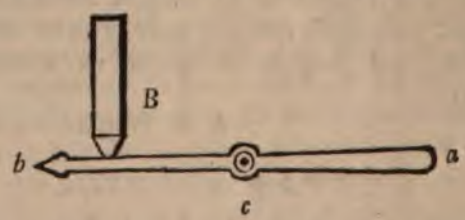
LETTRE CLXXXIII.

Aprés avoir expliqué à V. A. la nature des aimants en géneral, il me reſte un article auſſi curieux qu'interreſſant, qui regarde la maniere, dont on communique au fer & principalement à l'acier la force magnétique, & même la plus grande qu'il eſt poſſible.

V. A. a bien vû, que plaçant du fer dans le tourbillon magnétique d'un aimant, il acquiert

quiert une force magnétique, mais qui s'évanouit presque tout à fait dès qu'on l'éloigne de l'aimant, & que le ſeul tourbillon de la Terre eſt capable d'imprimer au fer avec le tems une legere force magnétique ; or l'acier étant plus dur que le fer, eſt presque tout à fait inſenſible à cette action d'un tourbillon magnétique, il faut des opérations plus fortes pour le rendre magnétique, mais auſſi conſerve-t-il alors cette force magnétique plus long-tems.

Pour cet effet il faut recourir à l'attouchement & même au frottement : je commencerai donc par expliquer de quelle maniere on s'eſt ſervi autre fois, pour rendre magnétique les aiguilles dont on ſe ſert dans les bouſſoles ; toute cette opération ne conſiſtoit qu'à les frotter à un pole d'un aimant excellent ſoit nud, ſoit armé.



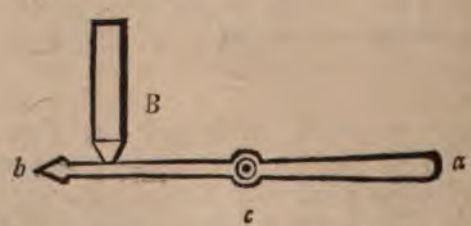
On poſoit l'aiguille *abc* ſur uue table, & on paſſoit le pole B de l'aimant par deſſus de *b* vers *a*, & étant parvenu au bout *a* on levoit l'aimant bien haut & on le ramenoit par l'air en *b*, on répetoit cette opération pluſieures fois de ſuite, & on prenoit toujours bien garde que l'autre pole de l'aimant n'approchât point de l'aiguille,

guille, puisqu'il y gâteroit tout. Après avoir passé quelque fois le pole B de l'aimant sur l'aiguille de *b* en *a*, on verra que l'aiguille est devenue magnétique, & que le bout *b* sera le pole du même nom que celui de l'aimant, dont on a frotté. Donc si l'on veut que le bout *b* devienne le pole boréal, en frottant avec le pole boréal de l'aimant, il faut passer de *b* vers *a*; mais si l'on voulait frotter avec le pole méridional de l'aimant, il faudroit l'appliquer au bout *a*, & le passer au bout *b*.

Cette maniere de frotter ou toucher, est nommée à *la simple touche*, puis qu'on ne touche que d'un seul pole; mais elle est fort defectueuse, & ne communique à l'aiguille, que peu de force, l'aimant fut-il même très excellent; aussi ne réussit elle pas, lorsque l'acier est porté au plus haut degré de dureté, ce qui seroit pourtant l'état le plus propre pour la conservation du magnétisme. V. A. jugera elle même fort aisément des defauts de cette maniere à *la simple touche*.

Supposons que B soit le pole de l'aimant, par où sort la matiere magnétique, puisque les effets des deux poles sont si semblables qu'il est impossible d'y remarquer la moindre difference: ayant posé le pole sur le bout *b* de l'aiguille la matiere magnétique y entre avec toute la rapidité dont elle se meut dans l'aimant, & qui est incomparablement plus grande que celle du

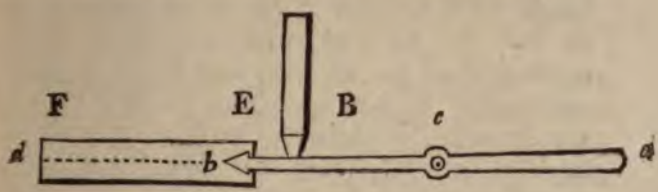
tourbillon qui eſt hors de l'aimant dans l'air; mais que deviendra cette matiere dans l'aiguille? elle ne ſauroit ſortir par le bout *b*, elle s'efforcera donc de percer par l'aiguille vers *a*, & le pole B marchant du même côté favoriſera ces efforts; mais dès que le pole B parviendra vers *a*, la difficulté de ſortir par le bout *a* cauſera des efforts contraires dont la matiere magnétique ſera pouſſée de *a* vers *b*; & avant que le premier effet ſoit entierement detruit, celui-ci ne ſauroit avoir lieu. Enſuite quand on porte de nouveau le pole B ſur le bout *b*, on détruit encore ce dernier effet, mais pourtant ſans produire un courant en ſens contraire de *b* vers *a*, & par conſéquent, lorsque le pole B parviendra au delà de *c* vers *a*, il produira plus aiſement un courant de *a* vers *b*, ſur tout quand on appuyera plus fort ſur la moitié *c a*: d'où il eſt clair, que l'aiguille ne ſauroit acquerir que peu de force magnetique.



Quelques uns auſſi ne frottent que la moitié *c a* en paſſant de *c* vers *a*, & d'autres ne font que toucher le bout *a* de l'aiguille par le pole B de l'aimant, & cela à peu pres avec le même ſuccès.

ſuccès. Mais il eſt évident, que la matiere magnétique qui entre par le ſeul bout *a*, ne ſauroit agir aſſés vigoureuſement ſur les pores de l'aiguille, pour les arranger conformément à la nature magnétique, & que la force, qui lui ſera imprimée par cette méthode, doit être très petite, & même nulle, ſi l'acier eſt bien trempé.

Or, il me ſemble qu'on pourroit rémedier à ces defauts de *la ſimple touche*, de la maniere ſuivante; du ſuccès de la quelle je ne doute point, quoique je ne l'aye pas encore eſſayée, puiſque d'autres experiences ſemblables m'en aſſurent.



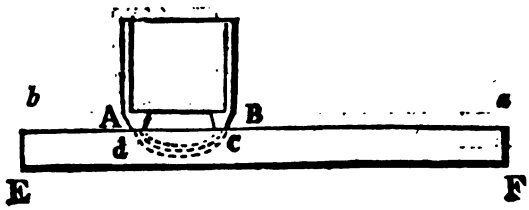
Je voudrois enchaſſer le bout *b* de l'aiguille dans une regle de fer doux EF; & je crois qu'il ſeroit bon de faire cette regle très mince & auſſi étroite qu'il eſt poſſible, mais le bout y doit être parfaitement appliqué & même enchaſſé dans un creux bien ajuſté. Quand on poſe le pole B de l'aimant ſur le bout *b* de l'aiguille, la matiere magnétique qui y entre, ne trouvant presqu'aucune difficulté à traverſer la regle de fer, prendra d'abord ſon cours dans la direction *bd*; & à meſure que le pole avance vers

a, la matiere magnétique pour continuer ce cours n'a qu'à arranger les pores, ſur les quels elle agit immediatement; & quand on ſera parvenû jusqu'en *a*, tous les pores, ou au moins la plus-part, ſeront deja diſpoſés ſuivant cette direction. Enſuite quand on recommence à frotter le bout *b*, on ne détruit rien, mais on continue de perfectionner le courant de la matiere magnétique, ſuivant la même direction *bd* en arrangeant auſſi les pores qui ont réſiſté à la premiere opération, & ainſi les canaux magnétiques dans l'aiguille, deviendront de plus en plus parfaits. Or, quelques traits du pole B ſeront ſuffiſans pour cet effet, pourvu que l'aimant ne ſoit pas très foible : & je ne doute pas que l'acier le mieux trempé, ou rendu auſſi dur qu'il eſt poſſible, n'obeiſſe à cette methode; ce qui eſt un grand avantage pour la conſtruction des bouſſoles, puis qu'on a remarqué que les aiguilles ordinaires perdent ſouvent par un leger accident, toute leur force magnétique; ce qui expoſeroit les vaiſſeaux aux plus grands dangers, ſi l'on n'en avoit pas d'autres en reſerve. Mais quand on fait les aiguilles d'un acier bien trempé, ces accidens ne ſont point à craindre, & comme il faut plus de force pour les rendre magnétiques, elles conſervent auſſi cette qualité avec plus de vigueur.

le 24. Nov. 1761.

LETTRE CLXXXIV.

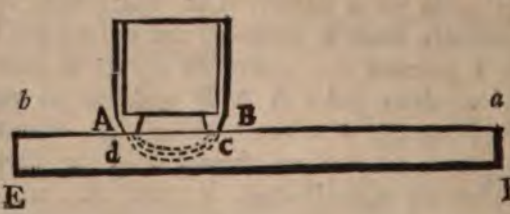
Au lieu de cette methode d'aimanter le fer ou l'acier par la ſimple touche, en le frottant d'un ſeul des poles d'un aimant, on ſe ſert aujourd'huy de *la double touche*, où l'on frotte avec les deux poles à la fois; ce qui ſe fait aiſément par un aimant armé.



Soit EF une barre de fer ou d'acier, qu'on veut rendre magnétique, après l'avoir bien fixé ſur une table, on y poſe les deux pieds A & B d'un aimant. Dans cet état, V. A. verra aiſément que la matiere magnétique qui ſort de l'aimant par le pied B penetrera dans la barre & s'y repandroit en tout ſens, ſi le pied A n'attiroit de ſon coté la matiere magnétique contenuë dans les pores de la barre. Cet épuiſement en *d* déterminera donc la matiere, qui entrera par le pole B, à prendre ſon cours de *c* vers *d* pourvu que les deux poles A & B ne ſoient pas trop éloignés l'un de l'autre. Alors le courant magnétique ſe frayera un chemin dans la barre pour paſſer du pole B dans le pole A, en y diſpoſant les pores à former des canaux magnéti-

ques ; il eſt fort aiſé de s'aſſurer ſi cet effet arrive ; on n'a qu'à voir, ſi l'aimant eſt fortement attiré à la barre, ce qui ne manque jamais, ſi la barre eſt de fer doux, puisque la matiere magnétique le penetre aiſément. Mais ſi la barre eſt d'acier, l'attraction eſt ſouvent fort petite, ce qui eſt alors une marque, que la matiere magnétique n'eſt pas capable de s'ouvrir le paſſage de *c* vers *d*, d'où l'on conclud, ou que l'aimant eſt trop foible ou que l'eſpace entre ſes deux poles eſt trop grand : il faudra donc dans ce cas employer un autre aimant, ou plus fort, ou dont les pieds ſoient plus proches, ou enfin changer l'armature de l'aimant de cette maniere.

Mais j'aurai bientôt l'honneur de propoſer d'autres moyens pour remedier á cet inconvient.



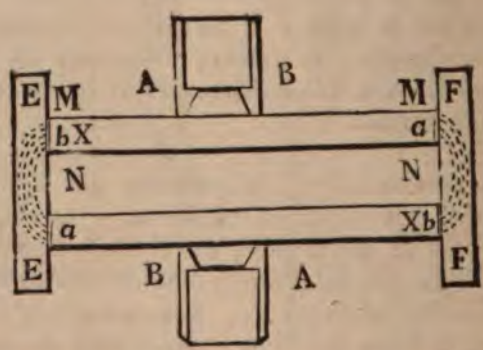
Ayant

Ayant donc diſpoſé dans les petits intervalles *c d*, les pores convenablement au magnétisme, on n'a qu'à paſſer & repaſſer pluſieurs fois l'aimant ſur la barre d'un bout à l'autre, ſans l'en ôter jusqu'à ce qu'on s'apperçoive que l'attraction n'augmente plus : car c'eſt un principe bien ſûr, que l'attraction croît à méſure que la force magnétique augmente. Par cette opération la barre E F deviendra magnétique, en ſorte que le bout E vers lequel le pole A etoit tourné, ſera le pole ami de A, & par conſequent du même nom que l'autre pole B. Enſuite en ôtant l'aimant, puisque des canaux magnétiques ſont formés par toute la longueur de la barre, la matiere magnétique répandûe dans l'air traverſera ces canaux & fera de la barre un véritable aimant. Elle entrera par le bout *a* & ſortira par le bout *b*, d'où une partie, au moins, rétournera en *a* & formera un tourbillon ſelon que la figure de la barre le permet.

A cette occaſion, je remarque que la formation d'un tourbillon eſt abſolument néceſſaire à augmenter le magnétisme; car ſi toute la matiere magnétique qui ſort par le bout *b* échappoit & ſe diſperſoit entierement, ſans retourner en *a*, l'air ne ſuffiroit pas à en fournir aſſés à l'autre bout *a*, ce qui diminueroit la force magnétique. Mais ſi une bonne partie de celle qui échappe par le bout *b*, retourne en *a*, l'air eſt bien ſuffiſant pour fournir le reſte & peut-être encore d'avantage, ſi les canaux magnétiques de la barre ſont

capables de la recevoir ; dans ce cas donc la barre acquerra une beaucoup plus grande force magnétique.

Cette conſidération me conduit à expoſer à V. A. de quelle maniere on peut conſerver la matiere magnétique dans les barres aimantées. Comme il s'agit d'empêcher que la matiere magnétique qui les traverſe, ne ſe diſperſe point dans l'air, on diſpoſe ces barres toujours par *paires* qui ſont de la même grandeur. On les mêt dans une ſituation parallele ſur une table, en ſorte que les poles amis ou de différens noms, ſoient tournés du même côté, comme la figure ci-jointe le fait voir.



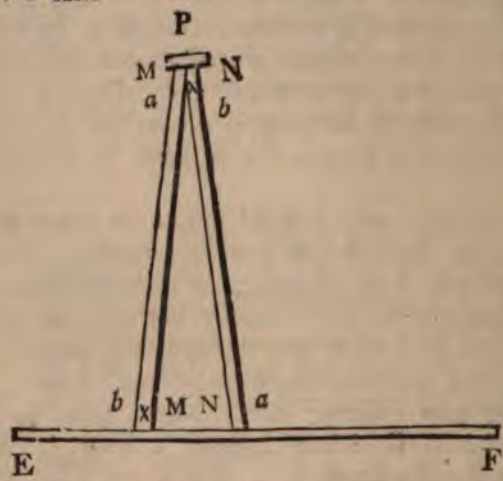
MM & NN répreſentent les deux barres, dont les poles amis *a b*, *b a* ſont tournés du même côté. Pour ne pas ſe tromper, on fait d'abord ſur chaque barre une marque comme X, au bout où eſt le pole boreal, & on leur appli-

applique de chaque côté un morceau de fer doux EE & FF, pour recevoir le courant magnétique. De cette maniere, toute la matiere magnétique qui traverſe la barre MM & ſort par le bout *b*, paſſe dans le morceau de fer EE, & s'y ouvre aiſément le chemin, pour paſſer dans le bout *a* de l'autre barre NN, d'où elle entrera par le bout *b* dans l'autre morceau de fer FF qui la reconduit dans la premiere barre MM par le bout *a*. C'eſt ainſi que la matiere magnétique continuera à circuler, ſans qu'il en échape rien; & en cas même qu'il n'y en eut pas d'abord aſſés pour remplir le tourbillon, l'air y fournira le reſte, & le tourbillon, par les deux barres demeurera dans toute ſa force.

On peut auſſi d'abord employer cette diſpoſition des deux barres pour les aimanter l'une & l'autre à la fois. On n'a qu'à paſſer les deux poles d'un aimant ſur les deux barres, en paſſant de l'une à l'autre par les morceaux de fer, & de cette maniere faire pluſieurs tours, en faiſant bien obſerver que les deux poles de l'aimant A & B ſoient tournés comme la figure cy-deſſus l'indique.

Cette maniére d'aimanter deux barres à la fois, ſera ſans doute plus efficace que la précédente, puisque dès le premier tour qu'on aura fait avec l'aimant, la matiere magnétique commencera à couler par les deux barres, moyennant les deux morceaux de fer. Enſuite en continuant

nuant à paſſer l'aimant ſur les deux barres, on y rangera une plus grande quantité de pores conformement au magnétisme, & on y ouvrira pluſieurs canaux magnétiques, dont le tourbillon magnétique ſera de plus en plus fortifié, ſans qu'il ſouffre aucun affoibliſſement. Si les barres ſont épaiſſes, il ſera bon de les tourner & de les frotter auſſi ſur les autres faces, de la même maniére, afin que l'action magnétique les pénètre tout à fait.



Ayant deja acquis de telles barres magnétiques MM, NN on peut s'en ſervir au lieu d'un aimant naturel, pour en aimanter d'autres. On les joint en haut enſemble, de ſorte que les deux poles amis *a b* ſe touchent, & en bas on éloigne les deux autres poles amis *b* & *a*, autant qu'on le juge à propos. enſuite par les deux bouts d'en bas

bas qui tiennent lieu des deux poles d'un aimant, on frotte deux autres barres E F de la maniére que j'ai expliqué cy-deſſus.

Comme ces deux barres ſont jointes en forme de compas, on a la comodité de les ouvrir auſſi peu qu'on veut, à quoi un aimant n'eſt pas propre; or en haut, où les barres ſe touchent, le courant magnétique paſſera aiſément de l'une dans l'autre; on y pourroit encore mettre un petit morceau de fer doux P, pour mieux entretenir ce courant; & de cette maniére on aimantera très promptement autant de doubles barres qu'on voudra.

le 28. Nov. 1761.

LETTRE CLXXXV.

Quoique cette maniere d'aimanter à double touche ſoit fort préferable à la précedente, on ne ſauroit cependant porter la force magnétique au delà d'un certain degré. Soit qu'on ſe ſerve d'un aimant naturel, ou de deux barres magnétiques pour frotter d'autres barres, celles cy n'acquerront jamais tant de force que celles là; l'effet ne ſauroit jamais être plus grand que la cauſe.

Si les barres dont on frotte, ont peu de force, les autres qui en ſont frottées en auront encore moins; la raiſon en eſt évidente; car comme

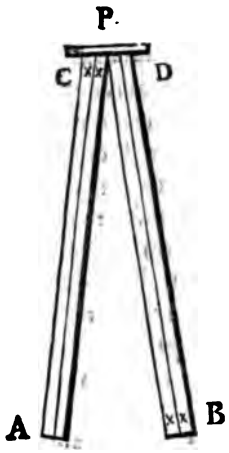
me des barres deſtituées de toute force magnétique n'en ſauroient produire en d'autres, une petite force magnétique n'eſt pas capable de produire une plus grande, au moins par la méthode que je viens de décrire.

Mais on ne doit pas prendre à la rigueur cette regle, comme s'il étoit abſolument impoſſible de produire une plus grande force magnétique, à l'aide d'une plus petite. J'aurai l'honneur d'expliquer à V. A. une méthode, par laquelle on eſt en état d'augmenter la force magnétique preſque auſſi loin qu'on voudra & cela en commençant par la plus petite. C'eſt une découverte de ces derniers tems, qui merite d'autant plus d'attention, qu'elle nous éclaircit incomparablement mieux ſur la nature du magnétisme.

Suppoſons donc qu'on n'ait d'abord qu'un très foible aimant, ou bien au defaut d'un aimant naturel, des barres de fer renduës tant ſoit peu magnétiques par le ſeul tourbillon de la terre, comme j'ai eu l'honneur de l'expoſer à V. A. dans mes lettres précedentes. Alors qu'on ſe procure huit barres d'acier, qui ne ſoient que fort petites & non trempées, pour récevoir plus aiſément la petite force magnétique que le foible aimant, ou les barres mentionnées, que je ſuppoſe tant ſoit peu magnétiques, ſont capables de leur communiquer en frottant chaque paire ou couple de la maniere, que j'ai expoſé précédement.

Ayant

Ayant maintenant quatre paires de barres tant ſoit peu magnétiques, qu'on en prenne deux paires & qu'on les joigne enſemble comme cette figure le fait voir, c. à. d.



Des deux barres, en les réuniſſant enſemble par les poles du même nom, on n'en fait qu'une ſeule d'une épaiſſeur double, & alors on forme le compas des deux barres doublées A C & B D qui ſe touchent en haut C D, où pour mieux entretenir le courant magnétique, on peut mettre un morceau de fer doux P. En bas on en ouvre les jambes, autant qu'on le juge à propos, & on en frotte les autres paires, l'une après l'autre, qui par ce moyen acquerront plus de force qu'auparavant; puisque deux paires y réuniſſent leurs forces. Aprèſent, on n'a qu'à joindre ces deux paires nouvellement frottées enſemble de la même maniere,

niére, & en frotter l'une après l'autre les deux autres paires, dont on s'etoit ſervi la premiere fois & la force de celles-cy ſera conſiderablement augmentée. On joindra enſuite ces deux paires enſemble, & on frottera encore les autres pour y augmenter la force magnétique, & ainſi on continuera de frotter alternativement deux paires par les deux autres jointes enſemble. Par cette opération on les portera bientôt à un degré de force, tel qu'il ne ſera plus ſuſceptible d'augmentation ulterieure, quand même on la continueroit plus longtems. Quand on a plus de quatre paires de telles barres, au lieu de deux paires, on en peut auſſi joindre trois enſembles, & en frotter enſuite les autres paires: par ce moyen on les portera plus vîte, au plus haut degré.

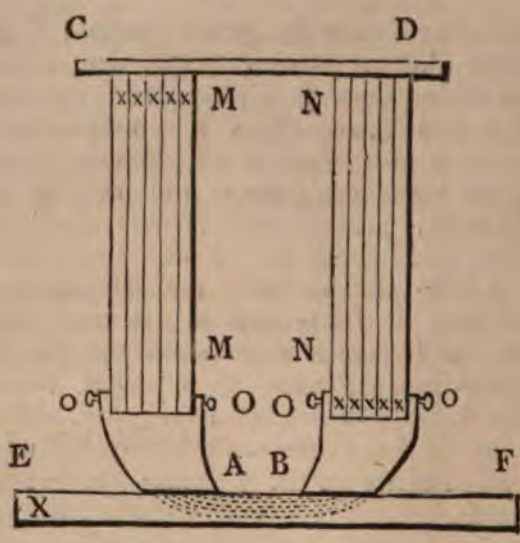
Maintenant les plus grandes obſtacles ſont ſurmontés & à préſent par le moyen de ces barres, en joignant deux ou même pluſieurs paires enſemble, on en frottera d'autres faites d'un acier bien trempé, & qui ſont, ou de la même grandeur, ou encore plus grandes que les premieres, & de cette façon on communiquera auſſi à-celles-ci la plus grande force dont elles ſont ſuſceptibles.

En commençant par de petites barres telles que je viens de décrire, on peut pouſſer ces opérations ſucceſſivement, jusqu'à des barres d'un énorme grandeur & faites d'un bon acier trempé, où la force magnétique eſt le moins aſſujettie à la deſtruction. Il faut ſeulement obſer-

ver

ver que pour frotter des grandes barres, il faut en joindre pluſieurs paires enſemble, dont le poids ſoit au moins deux fois plus grand que celui d'une grande barre. Mais il vaudra toujours mieux aller par degré, & frotter chaque eſpece des barres par d'autres qui ne ſont pas beaucoup plus petites, où il ſuffiroit d'en joindre deux paires enſemble: car quand on eſt obligé de joindre pluſieurs paires enſemble, les bouts par les quels on frotte, auront une trop grande étenduë, & la matiere magnétique, qui paſſe par là, s'empechera elle même de ſe diriger ſuivant la barre frottée; & cela d'autant plus, qu'elle entre dans la barre perpendiculairement, tandis qu'il eſt neceſſaire qu'elle y prenne une direction horizontale.

Pour faciliter ce changement de direction, il eſt bon que la matiere magnétique y ſoit conduite par un petit eſpace & qu'elle ait deja une direction approchante de celle qu'elle doit prendre au dedans de la barre touchée; je crois qu'on réuſſiroit à cet égard, de la maniere ſuivante.



La figure cy-jointe repréſente cinq paires MM, NN jointes enſemble, mais non pas en forme de compas. En haut il y a une barre de fer doux CD pour entretenir le tourbillon; en bas je ne frotte pas immediatement par les bouts des barres, mais de chaque coté j'enchaſſe ces bouts dans un pied de fer doux, en les y affermiſſant par quelques vis O. Chaque pied ſe courbe en bas AB enſorte que la direction de la matiere magnétique, qui traverſe librement ces pieds, s'approche deja beaucoup de l'horizontale, & que dans la barre frottée EF elle n'a pas beſoin de changer beaucoup de direction. Par le moyen de ces pieds je ne doute nullement, que la barre EF ne reçoi-

reçoive une beaucoup plus grande force magnétique, que ſi on la frottoit immédiatement par les bouts des barres, dont la groſſeur & la direction verticale s'oppoſent naturellement à la formation des canaux magnétiques dans la barre EF: auſſi peut-on, en ſuivant cette methode approcher ou éloigner les extrémités des pieds A & B à volonté.

Enfin je ne dois pas omettre de remarquer, que lorsque ces barres perdent avec le tems de leur force magnétique, on les rétablit aiſément par les mêmes opérations.

le 1. Dec. 1761.

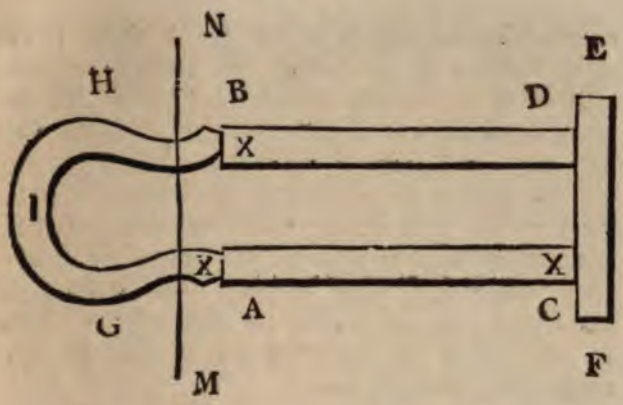
LETTRE CLXXXVI.

Quiconque veut faire des experiences ſur le magnétisme, doit être pourvû d'un grand nombre de telles barres magnétiques, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes, dont chacune peut être regardée comme un aimant à part, aiant ſes deux poles l'un boreal & l'autre méridional.

V. A. trouvera très remarquable que moyennant la plus foible force magnétique, que nous fournit, ſoit un miſerable aimant naturel, ſoit quelques pincettes de la cheminée, qui par le tems ont contracté un peu de magnétisme, on ſoit en état d'augmenter cette force de plus en

plus, jusqu'à faire les plus grandes barres d'acier douées du plus haut degré de force magnétique, dont elles ſoient ſuſceptibles. Il ſeroit ſuperflu d'ajouter, que par cette methode, on peut faire les meilleures aiguilles aimantées, non ſeulement beaucoup plus grandes que les ordinaires, mais auſſi faites d'un acier trempé au plus fort, ce qui les rend plus durables. Je dirai encore quelque choſe ſur la fabrique des aimants artificiels, qui ont pour la plupart la figure d'un fer à cheval, comme V. A. ſe ſouviendra d'en avoir vû.

Ces aimants artificiels rendent dans toutes les occaſions les mêmes ſervices que les naturels, & nous procurent, outre cela, l'avantage d'en avoir de plus forts, en leur donnant une grandeur ſuffiſante. On les fait d'acier bien trempé, & la figure d'un fer à cheval ſemble la plus propre pour maintenir le tourbillon. Après que l'ouvrier a fait une telle piece, on lui communique la force magnétique & même la plus grande, dont elle ſoit ſuſceptible, par le moyen des barres magnétiques, dont j'ai expliqué la conſtruction. On comprend aiſément, que plus un tel aimant eſt grand, plus on y doit employer de grandes barres, & c'eſt la principale raiſon, pourquoi on doit être pourvu de toutes ſortes de barres.



Pour aimanter donc un tel fer à cheval HIG, qui doit être fait d'un acier bien trempé, on poſe ſur la table une paire de barres magnétiques A C & B D avec leurs ſupports de fer doux appliqués des deux cotés, dont la figure ne répreſente que l'un E F, l'autre en ayant été ôté à meſure qu'on y a appliqué les pieds du fer à cheval, comme on le voit dans la figure. Dans cet état la matiere magnétique qui traverſe les barres, fera des efforts pour paſſer par le fer à cheval, mais à cauſe de la dureté de l'acier trempé, elle ne ſera pas ſuffiſante pour y ranger les pores, & s'ouvrir un chemin. Il faut donc employer le même moyen, dont on ſe ſert pour aimanter les barres. On prend un compas formé d'une autre paire de barres magnétiques, & on le fait paſſer de la même maniere ſur le fer à cheval, en tournant les jambes du compas

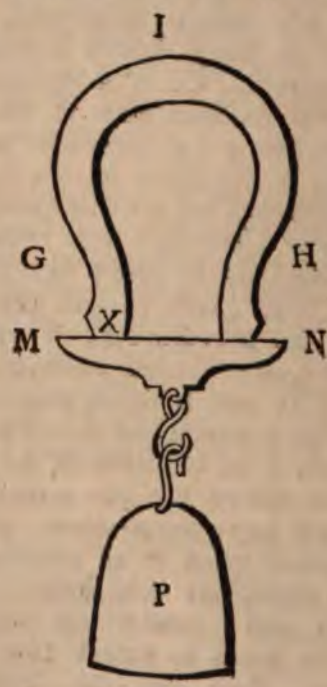
convenablement aux poles du fer à cheval ; de cette maniere on y ouvrira les canaux magnétiques, & la matiere ſubtile des barres, en le traverſant, formera le tourbillon magnétique. Or dans cette opération, il faut bien prendre garde, que les jambes du compas en les paſſant ſur le fer à cheval ne touchent point le bouts A & B des barres ; cela troubleroit le courant de la matiere magnétique qui paſſeroit immédiatement des barres dans les jambes du compas, ou bien les tourbillons des barres & du compas ſe derangeroient mutuellement.

Par cette opération, le fer à cheval acquerrera une grande force magnétique, étant traverſé par un courant magnétique très copieux, de ſorte qu'il ne s'agit maintenant que de le détacher des barres, ſans que le courant y ſoit dérangé. Si on l'arrachoit brusquement, le tourbillon magnétique ſeroit détruit & notre aimant artificiel en retiendroit très peu de force ; ce que nous découvre auſſi la nature du magnétisme.

Car puiſque les canaux magnétiques ne ſe conſervent, qu'entant que la matiere magnétique les traverſe actuellement, nous en concluons que les moindres particules, qui forment par leur pores ces canaux, ſe trouvent dans un état forcé, qui ne ſe maintient que tant que la force du tourbillon y agit, & dès que cette force ceſſe, ces particules, par leur élaſticité, ſe de-

detourneront tant ſoit peu de leur ſituation, & les canaux magnétiques ſeront ſubitement interrompus & détruits. Nous voyons cela très clairement dans le fer doux, dont les pores ſe rangent promptement à l'approche d'un tourbillon magnétique, mais ne conſervent presque aucune force magnétique, dès qu'on l'en éliogne; ce qui prouve ſuffiſament que les pores du fer ſont aiſément mobiles, mais en même tems doués d'un reſſort, qui en change dabord la ſituation, dès que la force ceſſe. Ce n'eſt qu'après un très long tems, que quelques pores ſe fixent dans la poſition qui leur a été imprimée par la force magnétique, & cela arrive ſurtout dans les barres de fer expoſées longtems au tourbillon de la terre. L'acier a bien ſes pores moins flexibles, & qui ſe maintiennent mieux dans l'état auquel ils ont été forcés, mais ils ſont pourtant aſſujettis à quelque dérangement, dès que la force ceſſe d'y agir, mais d'autant moins, que l'acier eſt plus dur. C'eſt auſſi la raiſon, pour la quelle les aimants artificiels doivent être faits d'un acier très bien trempé; ſi on les faiſoit de fer, ils acquerreroient bien dabord une très grande force, étant appliqués aux barres magnétiques, mais auſſi au même moment, qu'on les en détacheroit, toute la force s'évanouiroit ſubitement. C'eſt pour quoi il faut auſſi, prendre des précautions en détachant des barres les aimans faits d'un acier bien trempé. Pour cet effet, avant que de les en ſeparer, on y poſe leurs ſupports faits d'un fer bien mou, ſelon la ligne M N dans la

figure, en prenant garde que le ſupport n
touche point les barres, ce qui gâteroit tout
nous obligeroit de recommencer les opération
Alors une bonne partie de la matiere magnéti
que qui circule dans l'aimant G H I, prend
ſa route par le ſupport & formera un tourbillo
à part qui ſe conſervera auſſi après la ſéparatio



Enſuite on pouſſe lentement le ſupport ſu
les jambes de l'aimant juſqu'aux bouts, comm
o

on voit par la figure cy jointe, & dans cet état on le laiſſe repoſer pendant quelques tems, afin que le tourbillon s'affermiſſe de plus en plus. On charge auſſi le ſupport d'un poid P qu'on peut augmenter tous les jours & on comprend auſſi aiſément, que le ſupport doit être tellement ajuſté, qu'il touche parfaitement les pieds de l'aimant.

le 5. Decembre 1761.

LETTRE CLXXXVII.

Je crois que les merveilles de la Dioptrique ſeront un ſujet aſſés digne de l'attention de V. A. La Dioptrique nous fournit deux ſortes d'inſtrumens compoſés de verres, qui ſervent à augmenter notre vüe, pour découvrir des objets qui échapperoient à la vüe ſimple.

Il y a deux cas, où notre vüe a béſoin de ſecours: le premier eſt lorſque les objets ſont trop éloignés de nous, pour que nous puiſſions les voir diſtinctement: tels ſont les corps céleſtes, ſur leſquels on a fait les plus importantes découvertes, par le moyen des ces inſtrumens de Dioptrique V. A. ſe ſouviendra, par exemple, très bien, de ce que j'ai eu l'honneur de Lui dire ſur les ſatellites de Jupiter qui nous conduiſent à la découverte de la longitude: ils ne ſont viſibles que par le ſecours de bonnes Lunettes & les Satellites de Saturne en demandent encore de plus excellentes.

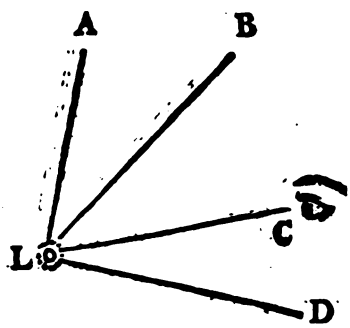
Tels ſont encore, ſur la ſurface de la terre, les objets fort éloignés, qu'on ne ſauroit voir & examiner exactement que par le ſecours de lunettes qui nous les répréſentent de la même maniere que ſi nous les voyons de près. Ces Lunettes ou Inſtrumens de Dioptrique, dont on ſe ſert pour regarder les objets fort éloignés, ſont auſſi nommés *Teleſcopes* & lunettes d'obſervation.

L'autre cas, où notre vûe a béſoin de ſecours, eſt lorsque les objets, quoique aſſés proches de nous, ſont trop petits pour que nous en puiſſions diſtinguer les parties Si l'on vouloit, par exemple, découvrir toutes les parties d'une jambe de mouche ou de quelque autre inſecte plus petit: s'il s'agiſſoit d'examiner les moindres particules de notre propre corps, comme les fibres les plus petites de nos muſcles, de nos nerfs, on n'y ſauroit réuſſir ſans le ſecours de certains inſtrumens, qu'on nomme *Microſcopes*, qui nous répréſentent les petits objets de la même maniere, que s'ils étoient cent & même mille fois plus grands.

Voilà donc les deux ſortes d'inſtrumens, les Teleſcopes & les Microſcopes, par lesquels la Dioptrique ſupplée à la foibleſſe de notre vûe. Il n'y a que quelques ſiecles que ces inſtrumens ont été inventés, & ce n'eſt que depuis ce tems qu'on a fait les plus importantes découvertes, tant

tant dans l'Aſtronomie, à l'aide des Teleſcopes & Lunettes, que dans la Phyſique à l'aide des Microſcopes.

Tous ces effets merveilleux ne ſont produits que par une certaine figure, qu'on donne à des morceaux de verre, & par une heureuſe combinaiſon de deux ou pluſieurs de ces verres qu'on nomme *Lentilles*. La Dioptrique eſt la ſcience qui en renferme les principes, & V. A. ſe ſouviendra encore qu'elle roule principalement ſur la route que tiennent les rayons de lumiere, lorsqu'ils traverſent des intermediaires tranſparens de differente qualité, lorsqu'ils paſſent, par exemple, de l'air dans le verre, ou dans l'eau & réciproquement du verre ou de l'eau dans l'air.



Tant que les rayons ſont propagés dans le même milieu, comme dans l'air, ils continuent leur chemin ſelon des lignes droites L A, L B,

LC, LD, tirées du point lumineux L, d'où ces rayons partent : & lorsqu'ils rencontrent quelque part, comme en C, un oeil, ils y entrent & y dépeignent une image de l'objet d'où ils ſont partis. Dans ce cas la viſion eſt nommée ſimple, ou naturelle, & elle nous repréſente les objets tels qu'ils ſont en effet. La ſcience qui nous explique les principes de cette viſion, eſt nommée *l'Optique.*

Mais lorsque les rayons, avant que d'entrer dans l'oeil, ſont réflechis ſur une ſurface bien polie, comme dans un miroir, la viſion n'eſt plus naturelle; puisque dans ce cas-ci, nous voyons les objets autrement & dans un autre lieu qu'ils ſont effectivement. La ſcience qui explique les fondemens de cette viſion qui ſe fait par des rayons réflechis, eſt nommée la *Catoptrique.* Elle nous fournit auſſi des inſtrumens propres à augmenter la portée de notre vûe, & V. A. connôit les ſortes d'inſtrumens qui, par le moyen d'un ou de deux miroirs, nous rendent le même ſervice que les lunettes compoſées de verres. Ce ſont ces inſtrumens munis de miroirs qu'on nomme *Teleſcopes*: mais pour les diſtinguer des lunnetes ordinaires qui ne ſont compoſées que de verres, il vaudroit mieux les appeller Teleſcopes catoptriques, réflechiſſans ou de réflexion. Ce ſeroit au moins plus exactement parler; car le nom de Teleſcopes a été en uſage encore avant la découverte des inſtrumens à miroirs, & marquoit alors la même choſe que Lunette.

Je

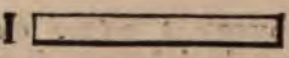
Je me propoſe à préſent d'entretenir V. A uniquement des inſtrumens dioptriques, dont nous avons deux eſpeces, comme j'ai déjà eu l'honneur de le remarquer, ſavoir les Teleſcopes ou Lunettes, & les Microſcopes. On ſe ſert, pour les uns & les autres, de verres formés de pluſieurs différentes manieres, dont je vais expliquer les diverſes eſpeces, parmi leſquelles, il y en a d'abord trois principales, ſelon la figure qu'on donne à la ſurface du verre.

La premiere figure eſt la *plane*, lorsque la ſurface d'un verre eſt plane, comme celle d'un miroir ordinaire. Si l'on prend, par exemple, un morceau de miroir, & qu'on en ôte le vif argent attaché à la ſurface de derriere, on aura un verre dont les deux ſurfaces ſeront *planes* & qui aura partout la même épaiſſeur.

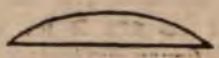
La ſeconde figure qu'on peut donner à la ſurface d'un verre, eſt la *convexe;* alors le verre eſt plus élévé dans le milieu que vers les bords.

La troiſieme figure enfin, eſt la *concave;* le verre eſt alors plus enfoncé dans le milieu que vers les bords.

De ces trois differentes figures qu'on peut donner à la ſurface d'un verre, naiſſent les ſix eſpeces de verres ſuivans.

I 

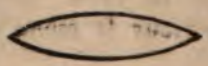
Le verre *plano-plane* eſt celui dont les deux ſurfaces ſont planes.

II 

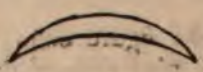
Le verre *plano-convexe* a une ſurface plane & l'autre convexe.

III.

Le verre *plano-concave* a une ſurface plane & l'autre concave.

IV. 

Le verre *convexo-convexe* eſt celui dont les deux ſurfaces ſont convexes.

V. 

Le verre *convexo-concave* a une ſurface convexe & l'autre concave.

VI.

Le verre *concavo-concave* enfin, a les deux ſurfaces concaves.

Il

Il eſt à propos de remarquer que les figures qui y ſont jointes repréſentent les coupes de ces verres ou lentilles.

le 8. Decembre 1761.

LETTRE CLXXXVIII.

De ce que je viens de dire ſur les faces convexes & concaves des lentilles, V. A. comprend aiſément, qu'il y en peut avoir d'une infinité de façons, puiſque tant la convexité que la concavité peut être plus ou moins grande. Pour les ſurfaces planes, il n'y en a que d'une ſeule eſpece, par ce qu'une ſurface ne peut être plane que d'une ſeule maniere: mais une ſurface convexe peut être regardée comme faiſant partie d'une ſphere & ſelon que le rayon ou diametre de cette ſphere eſt plus ou moins grand, la convexité en ſera différente. Ou bien comme nous repréſentons les verres ſur le papier par des arcs de cercles, ſelon que ces cercles ſont plus ou moins grands, il en réſulte une infinité de verres, tant par rapport à la convexité qu'à l'égard de la concavité de leurs ſurfaces.

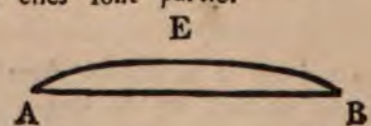
Pour ce qui eſt de la maniére dont on forme & polit les verres, on ſe donne tous les ſoins poſſibles pour rendre leur figure exactement circulaires ou ſphériques: on ſe ſert pour cet effet de baſſins de métal, qui ſont formés au

tour

tour, ſur une ſurface ſphérique tant en dédans qu'en déhors :

Soit AEBDFC la coupe d'un ſemblable baſſin, qui aura deux faces AEB & CFD dont chacune peut avoir ſon rayon à part; quand on frotte un morceau de verre ſur la partie concave AEB de ce baſſin, le verre en déviendra convexe; mais ſi on le frotte ſur la partie convexe CFD, il en déviendra concave. On ſe ſert en premier lieu de ſable pour frotter le verre contre le baſſin, jusqu'à ce qu'il en ait pris la figure, & enſuite on ſe ſert d'une terre fine pour le denier poli.

Pour connoître la veritable figure des faces d'une lentille, on n'a qu'à meſurer le rayon de la face du baſſin, ſur laquelle cette lentille a été formée, car véritable meſure tant de la convexité que de la concavité des ſurfaces, le rayon du cercle ou de la ſphere, qui leur convient & dont elles ſont partie.

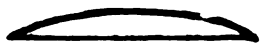


Ainſi

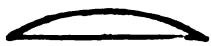
Ainſi quand je dis que le rayon de la face convexe A E B eſt de trois pouces, il faut entendre que A E B eſt un arc de cercle décrit avec un rayon de 3 pouces, l'autre face A B étant plane.

Pour mettre encore mieux dévant les yeux de V. A. la différence entre les convexités, lorsque leurs rayons ſont plus ou moins grands, je mettrai ici pluſieurs figures de differente convexité

deux pouces



un pouce



un demi - pouce

un tiers de pouce

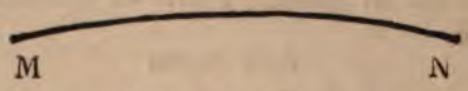
un cinquieme de pouce

un ſixieme de pouce

un huitieme de pouce

L'on

L'on voit par là, que plus le rayon eſt petit, plus la ſurface eſt courbée, ou differente de la plane; plus au contairre le rayon eſt grand, plus auſſi la ſurface approche-t-elle de la plane, ou l'arc de cercle d'une ligne droite. Si je faiſois le rayon encore plus grand, on n'y appercevroit enfin presque plus la courbure. A peine la remarque-t-on dans l'arc M N dont le rayon eſt de 6 pouces ou d'un démi pied



& ſi le rayon étoit encore dix ou cent fois plus grand, la courbure déviendroit tout à fait inſenſible à la vüe.

Cépendant il n'en eſt pas ainſi à l'égard de la Dioptrique, & j'aurai l'honneur de faire remarquer à V A dans la ſuite, que quand le rayon ſeroit de cent ou de mille pieds, & que nous ne pourrions pas en remarquer la courbure, ſon effet cependant ne laiſſeroit pas d'être encore très ſenſible. Effectivement il faudroit que le rayon fût infiniment grand, pourque la face dévienne parfaitement plane: d'où V. A. peut conclure qu'une face plane peut être regardée comme une face convexe dont le rayon eſt infiniment grand, ou bien auſſi comme une face concave d'un rayon infinement grand. C'eſt dans ce cas où la convexité & la concavité ſe confondent enſemble, de ſorte que la face plane

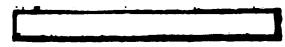
eſt

eſt le milieu qui ſépare la convexité de la concavité.

Mais plus les rayons ſont petits, plus les convexités & les concavités déviennent ſenſibles ou grandes, & de là on dit réciproquement, qu'une convexité ou concavité eſt d'autant plus grande, que ſon rayon, qui en eſt la méſure, eſt petit.

Quelque grande que ſoit d'ailleurs la variété, qui peut ſe rencontrer dans les lentilles ou verres, ſelon leurs deux ſurfaces qui ſont ou planes, ou convexes, ou concaves, & ceci encore d'une infinité de manieres différentes; par rapport à l'effet qui en réſulte dans la dioptrique, on les peut néanmoins ranger en trois claſſes principales, que voici:

La premiere claſſe comprend les verres qui ſont par tout également épais; ſoit que leurs deux faces ſoient planes & parallelles entr'elles,

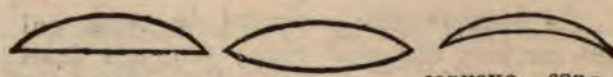


ſoit que l'une ſoit convexe & l'autre concave, mais concentriques ou décrites du même centre, de ſorte que l'épaiſſeur reſte partout la même.

De ces verres il eſt à remarquer, qu'ils ne changent rien dans l'apparition des objets que nous voyons par leur moyen. C'eſt comme s'il

n'y avoit rien entre nos yeux & les objets, & auſſi par cette raiſon, ces verres ne ſont-ils d'aucun uſage dans la Dioptrique. Ce n'eſt pas que les rayons qui entrent dans de tels verres ne ſouffrent aucune réfraction, mais c'eſt parceque la réfraction à l'entrée eſt parfaitement redreſſée à la ſortie, de ſorte que les rayons après avoir traverſé le verre, réprennent la même route qu'ils avoient tenûs avant que d'y entrer. Ce ſont donc les verres des deux autres claſſes qui à cauſe de leur effet, ſont l'objet principal de la Dioptrique.

La ſeconde claſſe de verres renferment ceux qui ſont plus épais vers le milieu que vers les bords

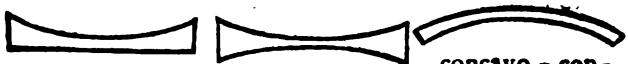


plano-convexe | convexo-convexe | convexo-concave ou menisque.

L'effet en eſt le même, tant que l'excès de l'épaiſſeur du milieu ſur celle des bords tient le même rapport à la grandeur du verre. On nomme pour l'ordinaire tous les verres de cette claſſe *Convexes*, puisque la convexité y domine, quoique d'ailleurs une de leurs faces peut être plane & même concave.

La

La troiſieme claſſe contient les verres qui ſont plus épais par les bords que vers le milieu



plano - concave concavo - concave concavo - convexe ou menisque

qui tous produiſent un ſemblable effet, lequel dépend de l'excés d'épaiſſeur vers les bords ſur celle du milieu. Comme la concavité prévaut dans tous ces verres de la troiſieme Claſſe, on les nomme ſimplement *Concaves*. Il faut bien les diſtinguer de ceux de la ſeconde Claſſe qui ſont les convexes.

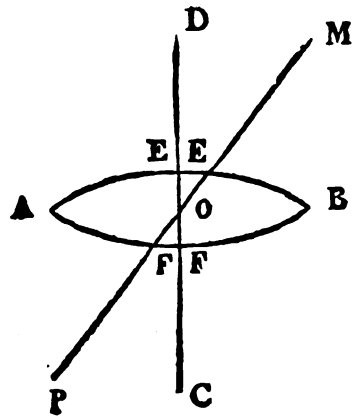
Ceſt des verres de ces deux dernieres claſſes que je me propoſe d'entrenir V. A. dans mes lettres ſuivantes, en y expoſant leurs effets dans la Dioptrique.

le 12. Decembre 1761.

LETTRE CLXXXIX.

Pour expliquer à V. A. l'effet que produiſent les verres tant convexes que concaves dans l'apparition des objets, il faut diſtinguer deux cas, l'un où l'objet eſt très éloigné du verre & l'autre où il ſe trouve plus rapproché.

Mais avant que d'entreprendre cette expl
cation, je dois dire un mot ſur ce qu'on nomm
l'axe d'un tel verre. Comme les deux ſurfac
ſont repréſentées par des arcs de cercles, on n
qu'à tirer une ligne droite par les centres de c
deux cercles; cette ligne eſt nommée l'axe d
verre. Dans ci-jointe du verre A B
le centre de B étant en C & celui d
l'arc A F B ligne droite CD eſt nom
mée l'axe ; & il eſt aiſé de voir qu
cet axe p nilieu du verre. Il en e
de même, des verres ſont concave
Or ſi l'une 'axe y ſera perpendiculair
en paſſant re de l'autre face.



On peut voir par là que l'axe traverſe perpendiculairement les deux faces, & ainſi un rayon de lumière qui vient dans la direction de l'axe, n'y ſouffre aucune réfraction, puisque les rayons qui paſſent d'un milieu dans un autre, ne ſont rompus ou réfractés, qu'entant qu'ils n'y entrent pas perpendiculairement.

On peut auſſi prouver que tous les autres rayons qui paſſent par le milieu O du verre, ne ſouffrent aucune réfraction, ou plutôt qu'ils redeviennent paralleles à eux mêmes.

Pour en comprendre la raiſon, on n'a qu'à conſiderer qu'aux points E & F, les deux faces du verre ſont parallelles entr'elles, car l'angle MEB que fait le rayon ME avec l'arc de cercle EB, ou ſa tangente en E, eſt ouvertement égal à l'angle PFA, que ce même rayon prolongé FP fait avec l'arc de cercle AF ou ſa tangente en F: V. A. ſe ſouvient que deux tels angles ſont nommés alternes, & qu'il eſt démontré, que lorsque les angles alternes ſont égaux, les lignes droites ſont parallelles entr'elles.: par conſequent les deux tangentes en E & en F ſeront paralleles, & il ſera de même que ſi le rayon MEFP paſſoit par une verre, dont les deux faces ſeroient paralleles entr'elles. Or nous avons vû cy-deſſus, que les rayons en paſſant par un tel verre ne changent point de route.

Après ces remarqeus, conſiderons un verre convexe AB, dont l'axe ſoit la ligne droite OEFP, & ſuppoſons qu'à une tres grande diſtance du verre ſur ſon axe il ſe trouve un objet, ou un point lumineux O, qui répand des rayons en tout ſens : il y en aura qui paſſeront par notre verre AB, tels que OM, OE & ON, dont celui du milieu OE ne ſouffrira aucune réfraction, mais continuera ſa route à travers du verre, ſuivant la direction FJP. Les deux autres rayons OM & ON en paſſant vers les bords du verre, y ſeront rompus, tant en entrant qu'en ſortant, de façon qu'ils concourreront quelque part en J avec l'axe, & continueront enſuite leurs routes dans les directions JQ & JR : on peut auſſi prouver que tous les autres rayons qui tombent entre M & N ſeront rompus, en ſorte qu'ils ſe réuniſſent avec l'axe au même point J. Donc les rayons, qui ſans l'interpoſition du verre auroient continué leurs routes rectilignes OM & ON, ſuivront après la réfraction d'autres routes, tout comme s'ils étoient partis

partis du point J; & s'il y avoit un oeil quelque part en P, il en ſeroit affecté de la même maniere, que ſi le point lumineux étoit actuellement en J, quoiqu'il n'y ait rien de réel. V. A. n'a qu'à ſuppoſer pour un moment, qu'il y ait en J un objet réel, lequel répandant ſes rayons, ſeroit également vû d un oeil placé en P, comme il voit à preſent l'objet en O par les rayons rompus par le verre. Par cette raiſon, qu'il y ait en J une image de l'objet O, & que le verre A B y répreſente l'objet O, ou le tranſporte presqu'en J, ce n'eſt plus le point O qui eſt l'objet de la vuë, c'eſt plutôt ſon image repreſentée en J, qui en eſt l'objet immediat.

Voilà donc un changement bien conſiderable que ce verre produit, par lequel un objet fort éloigné O eſt ſubitement tranſporté en J d'où l'oeil doit ſans doute recevoir une tout autre impreſſion, que ſi l'on ôtoit le verre, & que l'oeil vit immediatement le vrai objet O. Que V. A. conſidere en O une étoile, puisque nous ſuppoſons que le point O eſt extrêmement éloigné, le verre nous repreſentera en J une image de cette étoile, mais une telle image qu'on ne ſauroit toucher & qui en effet n'a aucune réalité, puisquil n'y a rien de réel en J, ſi ce n'eſt que les rayons partis du point O ſont raſſemblés en J par la réfraction du verre. Il ne faut pas s'imaginer non plus, que l'étoile nous paroitroit de la même manière que ſi l'objet, ou l'étoile, exiſtoit réellement en J. En effet

un corps pluſieurs milliers de fois plus grand que la terre, comment pourroit-il exiſter en J ? tous nos ſens en ſeroient frappés bien autrement : il faut donc bien remarquer que ce n'eſt qu'une image répréſentée en J, à peu près ſemblable à l'image d'une étoile répréſentée dans le fond de l'oeil ; ou bien à celle que nous voyons dans un miroir, dont l'effet n'a rien de ſurprenant.

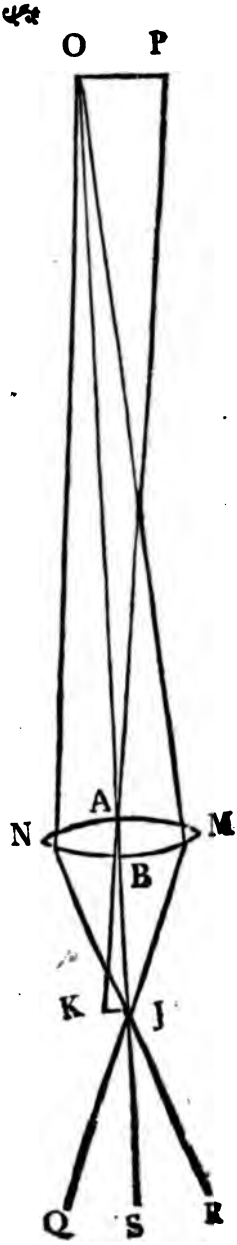
le 15. Decembre 1761.

LETTRE CXC.

Je vais expoſer à V. A. dans cette lettre-ci, l'effet que produiſent les verres convexes, ou ceux qui ſont plus épais par le milieu que vers les bords. Il eſt vrai que tout revient à déterminer le changement que les rayons ſouffrent dans leur route, lorsqu'ils paſſent par un tel verre. Pour mettre cette recherche dans tout ſon jour, il faut bien diſtinguer deux cas, l'un où l'objet eſt fort éloigné du verre, & l'autre où il en eſt aſſés proche. Je conſidererai donc d'abord le premier cas, où l'objet eſt extrêmement éloigné du verre.

Dans cette figure, M N eſt le verre convexe & la droite O A B J S ſon axe qui paſſe perpendiculairement par le milieu du verre : rémarquons en paſſant, que cette propriété que

que l'axe de chaque verre paſſe perpendiculairement par ſon milieu, nous en donne la plus juſte idée qu'on puiſſe s'en former. Concevons maintenant que ſur cet axe il ſe trouve quelque part en O un objet O P que je répréſente ici comme une ligne droite, quelque figure qu'il puiſſe d'ailleurs avoir ; & comme chaque point de cet objet l'ance ſes rayons en tout ſens, il ne s'agit ici que de ceux qui tombent ſur le verre.



Premierement je bornerai mes reflexions ſur ceux, qui proviennent du point O ſitué dans l'axe même du verre. La figure nous répréſente trois de ces rayons, O A, O M & O N, dont le premier O A paſſant par le milieu du verre, ne ſouffre aucun changement dans ſa route qu'il continue, après avoir traverſé le verre ſelon la premiere direction B J S, c'eſt à dire dans l'axe du verre ; mais les deux autres rayons O M & O N ſouffrent une réfraction, tant

en entrant, qu'en ſortant du verre, par laquelle ils ſont détournés de leur premiere route ; de façon qu'ils ſe reuniront quelque part en J avec l'axe, d'où il continueront leurs nouvelles routes dans les lignes droites MJQ & NJR ; de ſorte que dans la ſuite, lorsqu'ils rencontreront un oeil, ils y produiront le même effet, comme ſi le point O exiſtoit actuellement en J, puisqu'ils tiennent la même route. Par cette raiſon on dit que le verre convexe tranſporte l'objet de O en J, mais pour diſtinguer ce point J du vray point O, on nomme celui-là l'image de celui-ci, qui à ſon tour eſt nommé l'objet.

Ce point J eſt très remarquable, & lorsque l'objet O eſt extrêmement éloigné, l'image en eſt auſſi nommée le foyer du verre ; j'en expliquerai la raiſon à V. A. Si c'eſt le ſoleil qui tient lieu d'objet en O, les rayons qui tombent ſur le verre en ſont tous réunis dans le

le lieu J, & comme ils ſont extrêmement forts & doués de la qualité d'échauffer, il eſt naturel que la réunion de tant de rayons qui ſe fait en J y doit produire un très haut degré de chaleur capable de bruler les choſes combuſtibles qu'on met en J. Or un tel lieu, où tant de chaleur eſt réunie ſe nomme un foyer; la raiſon de cette dénomination à l'égard des verres convexes eſt évidente. C'eſt pourquoi un tel verre convexe eſt auſſi nommé un verre ardent, dont les effets ſont ſans doute bien connus à V. A. je remarque ſeulement que cette propriété de réunir les rayons du ſoleil dans un certain point qu'on nomme leur foyer, convient à tous les verres convexes; ils réuniſſent auſſi les rayons de la lune, des étoiles & de tous le corps fort éloignés, dans le même lieu; & quoique leur force ſoit trop petite pour produire quelque chaleur, on ſe ſert pourtant du même nom de foyer: & ainſi le foyer d'un verre n'eſt autre choſe que le lieu où l'image des objets fort éloignés eſt repreſentée: à quoi il faut encore ajouter cette condition, que l'objet ſoit ſitué dans l'axe même du verre; car s'il etoit hors de l'axe, ſon image ſeroit auſſi répréſentée hors de l'axe, j'aurai occaſion d'en parler dans la ſuite.

Au reſte, il eſt bon d'ajouter encore les remarques ſuivantes ſur le foyer.

1) Comme le point O ou l'objet eſt infiniment éloigné; les rayons OM, OA & ON peuvent

peuvent être conſidérés comme paralleles entr'eux, & par la même raiſon paralleles à l'axe du verre.

2) Le foyer J eſt donc le point derriere le verre, où les rayons paralleles à l'axe, qui tombent ſur le verre, ſont réunis par la réfraction du verre.

3) Le foyer d'un verre, & le lieu où l'image d'un objet infiniment éloigné & ſitué dans l'axe du verre eſt répréſentée, ſont la même choſe.

4) L'éloignement du point J derriere le verre ou bien la diſtance BJ, eſt nommé la diſtance du foyer du verre. Quelques Auteurs la nomment auſſi la diſtance focale.

5) Chaque verre convexe a ſa diſtance de foyer particuliere, l'un plus grande & l'autre plus petite, ce qu'on trouve aiſément en expoſant le verre au ſoleil, & obſervant où les rayons ſe réuniſſent.

6) Les verres qui ſont formés par des arcs de petits cercles, ont leur foyer fort près derriere eux; mais ceux dont les faces ſont des arcs de grands cercles, ont leur foyers plus éloignés.

7) Il eſt important de ſavoir la diſtance du foyer de chaque verre convexe dont on ſe ſert dans la dioptrique, & il ſuffit d'en connoitre le foyer, pour juger de tous les effets qu'on en doit attendre tant dans les lunettes ou Teleſcopes que dans les Microſcopes.

8) Si l'on ſe ſert de verres également convexes des deux coté, de ſorte que chaque face reponde au même cercle, alors le rayon de ce cercle donne à peu près la diſtance du foyer de ce verre, ainſi pour faire un verre ardent, qui brule à la diſtance d'un pied, on n'a qu'à former ſes deux faces ſuivant un cercle dont le rayon eſt d'un pied.

9) Mais lorsque le verre eſt plano-convexe, ſa diſtance de foyer eſt à peu près égale au diametre du cercle qui convient à la face convexe.

L'intelligence de ces termes rendra ce que nous avons encore à dire, facile à entendre.

le 19. Decembre 1761.

LETTRE CXCI.

Ayant remarqué qu'un objet éloigné à l'infini eſt répréſenté par un verre convexe dans ſon foyer même, pourvu que cet objet ſe trouve dans l'axe du verre, je paſſe aux objets plus proches, mais toujours ſitués dans l'axe du verre, & j'obſerve d'abord, que plus l'objet s'approche du verre, plus l'image s'en éloigne.

Ainſi

peuvent être considérés comme paralleles entr'eu
& par la même raison paralleles à l'axe
verre.

2) Le foyer J eſt donc le point derriere
verre, où les rayons paralleles à l'axe, q
tombent sur le verre, sont réunis par la r
fraction du verre.

3) Le foyer d'un verre, & le lieu où l'i
mage d'un objet infiniment éloigné & situé dan
l'axe du verre eſt répréſentée, ſont la même
choſe.

4) L'éloignement du point J derriere le ver-
re ou bien la diſtance BJ, eſt nommé la diſtance
du foyer du verre. Quelques Auteurs la nom-
ment auſſi la diſtance focale.

5) Chaque verre convexe a ſa diſtance de
foyer particuliere, l'un plus grande & l'autre
plus petite, ce qu'on trouve aiſément en expo-
ſant le verre au ſoleil, & obſervant où les ray-
ons ſe réuniſſent.

6) Les verres qui ſont formés par des arcs
de petits cercles, ont leur foyer fort près der-
riere eux; mais ceux dont les faces ſont des
arcs de grands cercles, ont leur foyers plus
éloignés.

7)

7) Il eſt important de ſavoir la diſtance du foyer de chaque verre convexe dont on ſe ſert dans la dioptrique, & il ſuffit d'en connoître le foyer, pour juger de tous les effets qu'on en doit attendre tant dans les lunettes ou Teleſcopes que dans les Microſcopes.

8) Si l'on ſe ſert de verres également convexes des deux coté, de ſorte que chaque face reponde au même cercle, alors le rayon de ce cercle donne à peu près la diſtance du foyer de ce verre, ainſi pour faire un verre ardent, qui brule à la diſtance d'un pied, on n'a qu'à former les deux faces ſuivant un cercle dont le rayon eſt d'un pied.

9) Mais lorsque le verre eſt plano-convexe, ſa diſtance de foyer eſt à peu près égale au diametre du cercle qui convient à la face convexe.

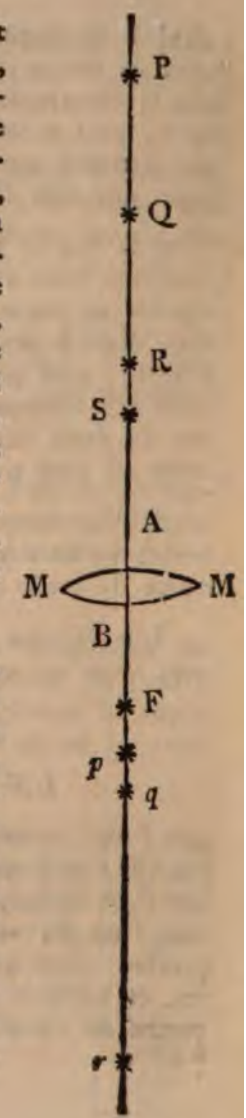
L'intelligence de ces termes rendra ce que nous avons encore à dire, facile à entendre.

le 19 Decembre 1761.

LETTRE CXCI.

Ayant remarqué qu'un objet éloigné à l'in-
[illegible] repréſenté par un verre convexe dans
[illegible] pouvois que cet objet ſe trouve
[illegible] je paſſe aux objets plus
[illegible] dans l'axe du ver-
[illegible] dans l'objet éloi-
[illegible] gne
Ainſi

Ainſi ſuppoſons que F ſoit le foyer du verre M M, de ſorte que d'un objet éloigné à l'infini devant le verre ou au haut de la figure, l'image ſoit répréſentée en F, alors en approchant l'objet du verre & le placant ſucceſſivement en P, Q, R, l'image ſera répréſentée au point *p*, *q*, *r*, plus éloignés du verre que le foyer, ou bien, ſi AP eſt la diſtance de l'objet, B*p* ſera la diſtance de l'image; & ſi AQ eſt la diſtance de l'objet, B*q* ſera celle de l'image, & la diſtance B*r* de l'image répondra à la diſtance de l'objet AR.



On a une regle par laquelle on peut aiſément calculer la diſtance de l'image derriere le verre, pour chaque diſtance de l'objet qui eſt devant le verre; mais je ne veux pas ennuyer V. A. par une expoſition ſéche de cette regle; il ſuffira de remarquer en general, que plus on diminue la diſtance de l'objet devant le verre, plus la diſtance

ſtance de l'image derriere le verre devient grande. J'ajouterai outre cela l'exemple d'un verre convexe dont la diſtance du foyer eſt de 6 pouces, ou d'un verre tel, que ſi la diſtance de l'objet eſt infiniment grande, la diſtance de l'image derriere le verre, ſoit preciſement de 6 pouces; maintenant ſi l'on approche l'objet du verre, l'image s'en éloignera ſuivant cette table

Diſtance de l'objet	Diſtance de l'image
infini	6
42	7
24	8
18	9
15	10
12	12
10	15
9	18
8	24
7	42
6	infini

ainſi l'objet étant éloigné de 42 pouces du verre, l'image tombera à la diſtance de 7 pouces, & ainſi d'un pouce plus loin que le foyer. Or ſi l'objet ſe trouve à la diſtance de 24 pouces l'image ſe trouvera à la diſtance de 8 pouces, & par conſequent de deux pouces au delà du foyer & ainſi de ſuite.

Quoique ces nombres ne conviennent qu'à un verre, dont la diſtance du foyer eſt de 6 pouces

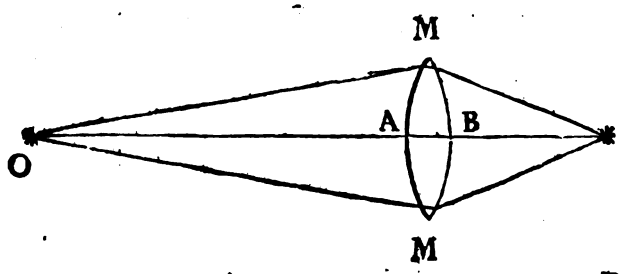
pouces, on en peut pourtant tirer quelques con
ſequences générales.

1) Si la diſtance de l'objet eſt infiniment
grande, l'image tombe dans le foyer même.

2) Si la diſtance de l'objet eſt deux fois
plus grande que la diſtance du foyer, la diſtance
de l'image ſera deux fois plus grande que
la diſtance ou bien l'objet & l'image
ſeront également éloignés du verre. Dans l'exem
ple rapporté, la diſtance de l'objet
étant de celle de l'image eſt auſſi
de 12 pouces.

3) Lorſqu'on approche l'objet du verre, de
façon que la diſtance ſoit préciſement égale à la
diſtance du foyer, (comme de 6 pouces dans
l'exemple ci-deſſus), alors l'image s'éloigne à
l'infini derriere le verre.

4) Auſſi voit-on en général, que la diſtance
de l'objet & celle de l'image ſe répondent réci
proquement, ou ſi l'on met l'objet à la place
de l'image, l'image tombera dans le lieu de
l'objet.



Donc ſi le verre M M raſſemble en J les rayons qui émanent du point O, alors ce même verre raſſemblera auſſi reciproquement en O les rayons qui émanent du point J.

6) C'eſt une ſuite d'un grand principe de la Dioptrique, en vertu duquel, on ſoutient que quelques ſoient les refractions que les rayons ayent ſouffert en paſſant par pluſieurs milieux réfringens, ils pourroient toujours retourner ſur la même route.

Cette vérité eſt très importante dans la connoiſſance des verres; ainſi quand je ſai, par exemple, qu'un verre a repreſenté, à la diſtance de 8 pouces, l'image d'un objet éloigné de 24 pouces; j'en puis hardiment conclure que ſi l'objet étoit éloigné de 8 pouces, le même verre en repreſenteroit l'image à la diſtance de 24 pouces.

Il eſt auſſi eſſentiel de remarquer, que lorsque la diſtance de l'objet eſt égale à la diſtance du foyer, l'image s'éloignera ſubitement à l'infini; mais cela eſt parfaitement bien d'accord avec le rapport qui ſe trouve entre l'objet & l'image.

Mais V. A. ſera ſans doute curieuſe d'apprendre en quel lieu l'image ſera repreſentée, lorsqu'on approche d'avantage l'objet du verre, de ſorte que ſa diſtance devienne plus petite que la diſtance du foyer. Cette queſtion eſt d'autant plus embarraſſante, qu'il faudroit répondre, que la diſtance de l'image devroit alors être plus

grande que l'infini, attendu que plus l'objet s'approche du verre, plus l'image s'en éloigne. Mais l'image étant déjà éloignée à l'infini, comment eſt-il poſſible, que ſa diſtance devienne encore plus grande? Cette queſtion pourroit ſans doute embarraſſer les Philoſophes, mais dans les Mathematiques, il eſt fort aiſé dy répondre. L'image paſſera d'une diſtance infinie, à l'autre côté du verre, & par conſequent du même côté où ſe trouve l'objet; elle paroitra donc au delà de l'objet. Quelque bizarre que parroiſſe cette réponſe, elle eſt non ſeulement confirmée par le raiſonnement, mais auſſi par l'experience, deſorte qu'on ne ſauroit douter de ſa juſteſſe; croitre au delà de l'infini, eſt la même choſe, que paſſer de l'autre côté: ce qui eſt ſans doute véritablement un paradoxe.

le 22. Decembre 1761.

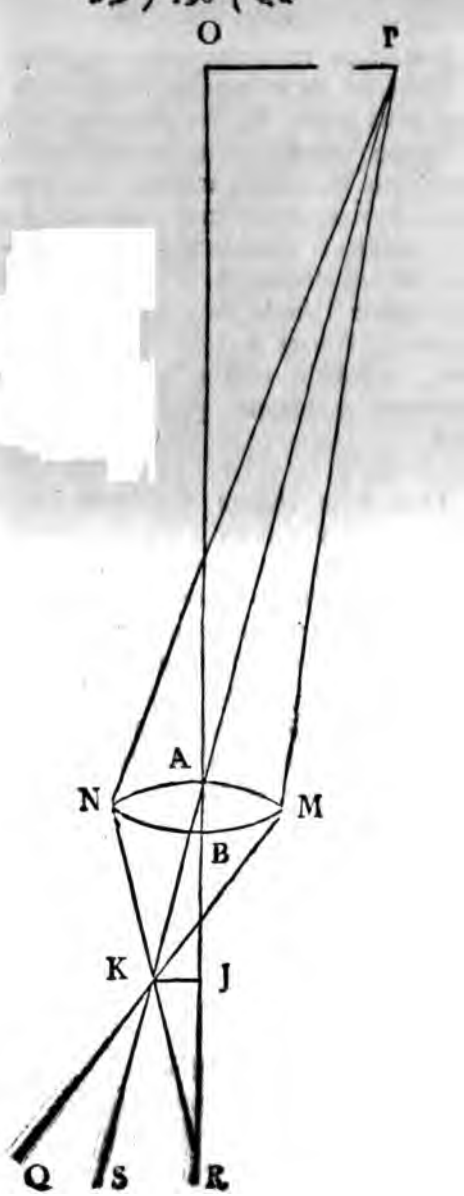
LETTRE CXCII.

V. A. ne doutera pas actuellement que chaque verre convexe ne répréſente quelque part une image des objets qui lui ſont oppoſés, & que dans chaque cas le lieu de l'image varie autant ſelon l'éloignement de l'objet, que ſelon la diſtance du foyer du verre, mais il me reſte à expliquer encore un article bien important, qui regarde la grandeur de l'image.

Lors-

Lorsqu'un tel verre nous répréſente l'image du ſoleil, ou de la lune, ou d'un étoile à la diſtance d'un pied, V. A. s'imagine aiſément, que ces images doivent être incomparablement plus petites que les objets mêmes. Une étoile étant beaucoup plus grande que toute la terre, comment ſeroit-il poſſible qu'une image auſſi grande nous fût répréſentée à la diſtance d'un pied? mais comme l'étoile ne nous paroit que comme un point, l'image qui en eſt répréſentée par une verre, reſſemble auſſi à un point, & eſt par conſequent infiniment plus petite que l'objet même.

Donc dans chaque répréſentation faite par les verres, il y a deux choſes à conſiderer, l'une regarde le lieu où l'image eſt répréſentée, & l'autre la véritable grandeur de l'image, qui peut être très differente de celle de l'objet. La premiere étant deja ſuffiſament éclaircie, je m'en vais expoſer à V. A. une regle très ſimple, par laquelle Elle jugera aiſément dans chaque cas de quelle grandeur doit être l'image répréſentée par un verre.

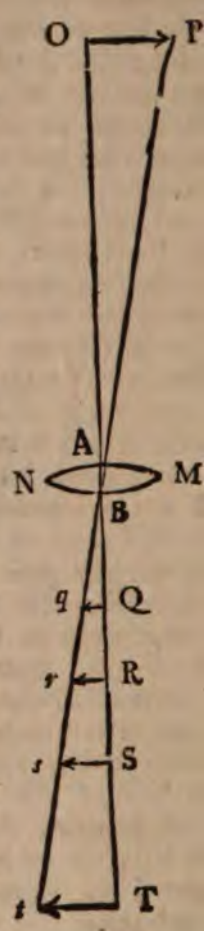

O
P
A
N
M
B
K
J
Q
S
R

Soit OP un objet quelconque ſitué ſur l'axe du verre convexe M N, d'abord il faut chercher le lieu de l'image, qui ſoit en J, deſorte que le point J eſt l'image du bout O de l'objet, puisque les rayons émanés du point O, y ſont réunis par la réfraction du verre. Voyons maintenant en quel lieu ſera répréſentée l'image de l'autre point P de l'objet; pour cet effet conſiderons les rayons PM, PA, PN, qui partant du point P tombent ſur le verre; j'obſerve alors que le rayon P A qui paſſe par le milieu du verre ne change point de direction, mais qu'il continue ſa route AKS: ce ſera donc quelque part ſur cette ligne en K, où les autres rayons PM & PN, ſe réuniſſent: où bien le point K ſera l'image de l'autre bout P de l'objet, le point J étant celle du point O: d'où il eſt aiſé de conclure, que J K ſera l'image de l'objet OP, qui eſt répréſentée par le verre.

Donc pour déterminer la grandeur de cet image, ayant deja trouvé le lieu J, on n'a qu'à tirer du bout P de l'objet, par le milieu du verre A, la ligne droite P A K S & poſer en J perpendiculairement à l'axe, la ligne J K, & celle-cy ſera l'image en queſtion; par là il eſt évident que cette image eſt renverſée, de ſorte que ſi la ligne OR étoit horizontale & l'objet OP un homme, l'image auroit la tête K en bas & les pieds en haut en J.

Outre cela j'ajouterai là deſſus les rémarques ſuivantes.

1) Plus l'image eſt proche du verre, plus elle eſt petite : & plus elle eſt éloignée du verre, plus elle eſt grande. Ainſi OP étant l'objet placé ſur l'axe devant le verre MN, ſi l'image tomboit en Q, elle ſeroit plus petite que ſi elle tomboit en R ou S ou T. Car puiſque la ligne droite PA*t* tirée du ſommet de l'objet P par le milieu du verre, termine toujours l'image à quelque diſtance qu'elle ſe trouve du verre, il eſt evident, que parmi les lignes Q*q*, R*r*, S*s*, T*t*, la premiere Q*q* eſt la plus petite, & que les autres croiſſent à méſure qu'elles s'éloignent du verre.



2) Il y a un cas où l'image eſt préciſement égale à l'objet; ce cas a lieu lorsque la diſtance de l'image eſt égale à celle de l'objet, ce qui arrive comme j'ai deja remarqué, quand la diſtance de l'objet AO eſt deux fois plus grande que la diſtance du foyer du verre;

alors

alors l'image ſera T *t* enſorte que la diſtance B T eſt égale à A O. Maintenant V. A. n'a qu'à conſiderer les deux triangles OAP & TA*t*, qui ayant tant les angles oppoſés par la pointe en A, que les côtés AO, & AT égaux entr'eux, outre cela, les angles en O & T qui ſont droits: ces deux triangles ſont égaux entr'eux & ainſi le côté T *t*, qui eſt l'image, eſt égal au côté O P qui eſt l'objet.

3) Si l'image étoit deux fois plus éloignée du verre que l'objet, elle ſeroit deux fois plus grande que l'objet; & en général autant de fois que l'image eſt éloignée du verre que l'objet, autant de fois elle ſera plus grande que l'objet. Or plus on approche l'objet du verre; plus l'image s'en éloigne, & dévient par conſequent d'autant plus grande.

4) Le contraire arrive lorsque l'image eſt plus proche du verre que n'en - eſt l'objet; alors elle eſt d'autant de fois plus petite que l'objet, qu'elle eſt plus proche du verre que ne l'eſt l'objet. Donc ſi la diſtance de l'image étoit 1000 fois plus petite que la diſtance de l'objet, elle ſeroit auſſi mille fois plus petite que l'objet.

5) Appliquons cela aux verres ardens qui, étant expoſés au ſoleil, répréſentent dans le foyer l'image du ſoleil, ou plutôt le foyer, c'eſt - à - dire ce cercle lumineux & brillant, qui brule & qui n'eſt autre choſe que l'image du ſoleil

repréſentée par le verre. Donc V. A. ne ſera plus ſurpriſe de la petiteſſe de cette image, quoique le ſoleil ſoit ſi exceſſivement grand, puisque cet image dans le foyer eſt autant de fois plus petite que le véritable ſoleil, que la diſtance du ſoleil eſt plus grande que celle de l'image au verre.

6) Delà il eſt auſſi clair, que plus la diſtance du foyer d'une verre ardent eſt grande, plus auſſi le cercle eſt brillant dans le foyer; c'eſt à dire l'image du ſoleil ſera grande: & toujours le diametre du foyer eſt environ 100 fois plus petit que la diſtance du foyer au verre.

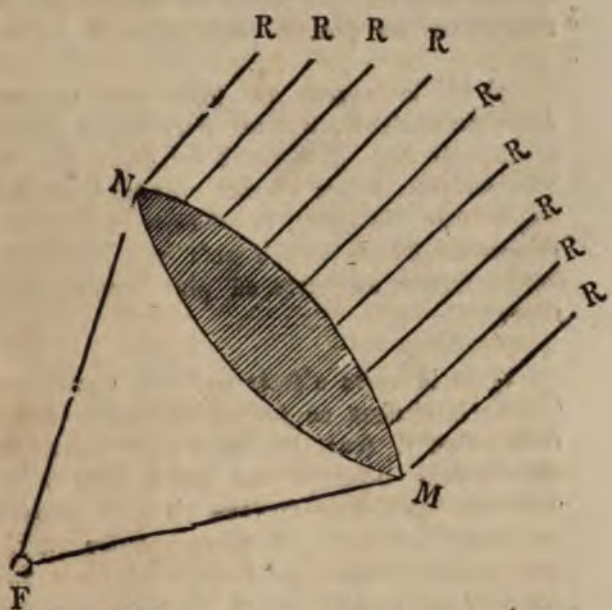
Dans la ſuite j'aurai l'honneur de parler des differents uſages, qu'on fait des verres convexes qui ſont tous ſi curieux, qu'ils méritent bien l'attention de V. A.

le 26. Decembre 1761.

LETTRE CXCIII.

Le premier uſage des verres convexes eſt celui des verres ardens, dont l'effet doit paroitre tout à fait ſuprenant à ceux mêmes qui ont deja quelque teinture de la Phyſique. En effet qui croiroit qu'une ſimple image du ſoleil ſoit capable d'exciter un ſi prodigieux degré de chaleur? Mais V. A. n'en ſera plus ſurpriſe, quand Elle

Elle voudra bien daigner faire quelque attention aux réflexions ſuivantes.



1) Soit MN un verre ardent qui reçoit, ſur ſa ſurface, les rayons du ſoleil R, R, R, leſquels ſont rompus de façon, qu'ils préſentent en F un petit cercle lumineux, qui eſt l'image du ſoleil, & qui eſt d'autant plus petit, qu'il eſt proche du verre.

2) Tous les rayons du ſoleil, qui tombent ſur la ſurface du verre ſont réunis dans le petit eſpace du foyer F, & ainſi leur effet y doit être autant de fois plus grand, que la ſur-

face du verre ſurpaſſe la grandeur du foyer ou l'image du ſoleil. On dit, que les rayons qui étoient diſperſés par toute la ſurface du verre ſont concentrés dans le petit eſpace F.

3) Or les rayons du ſoleil ont un certain degré de chaleur, il faut donc qu'ils exercent ce pouvoir dans le foyer à un degré fort ſenſible; on peut même eſtimer, combien de foïs ce dégré doit ſurpaſſer la chaleur naturelle des rayons du ſoleil: on n'a qu'à voir combien de fois la ſurface du verre eſt plus grande que le foyer

4) Si le verre n'étoit pas plus grand que le foyer, la chaleur ne ſurpaſſeroit point la naturelle, d'où il faut conclure, que pour qu'un verre ardent produiſe un grand effet, il ne ſuffit pas qu'il ſoit convexe ou qu'il répréſente une image du ſoleil, il faut en outre qu'il ait une grande ſurface qui ſurpaſſe pluſieurs fois la grandeur du foyer, qui eſt d'autant plus petit, qu'il eſt proche du verre.

5) Le plus exellent verre ardent ſe trouve en France, ſa largeur eſt de 3 pieds, & on eſtime que ſa ſurface eſt prèsque 2000 fois plus grande que le foyer ou l'image du ſoleil qu'il répréſente. Il faut donc qu'il produiſe dans le foyer une chaleur 2000 fois plus grande que celle que nous éprouvons étant expoſés au ſoleil. Auſſi les effets de ce verre ſont prodigieux, au premier

mier inſtant tout bois eſt enflammé, les métaux ſont fondus en peu de minutes; & en général le feu le plus ardent qu'on puiſſe produire, n'eſt pas à comparer avec la vehemence du foyer de ce verre.

6) On eſtime, que la chaleur de l'eau bouillante eſt environ trois fois plus grande que celle que nous éprouvons des rayons du ſoleil pendant l'été, ou ce qui revient au même, la chaleur de l'eau bouillante eſt trois fois plus grande, que la chaleur naturelle du ſang dans le corps humain. Mais pour fondre du plomb, il faut une chaleur trois fois plus grande que celle qu'il faut, pour faire bouillir de l'eau, & pour fondre du cuivre, il faut une chaleur encore trois fois plus grande. L'or éxige encore un plus haut degré de chaleur: il s'enſuit delà qu'une chaleur 100 fois plus grande que celle de notre ſang eſt deja capable de fondre l'or; combien donc de fois une chaleur 2000 fois plus grande, ne doit-elle pas ſurpaſſer la force de nos feux ordinaires?

7) Mais comment arrive-t-il, que les rayons du ſoleil réunis dans le foyer d'un verre ardent, y produiſent ces effets prodigieux? c'eſt une queſtion bien difficile ſur laquelle les Philoſophes ſont fort partagés. Ceux qui ſoutiennent que les rayons ſont une émanation actuelle du ſoleil lancée avec cette grande viteſſe, dont j'ai l'honneur de parler à V. A., ne ſont pas en

peine

peine la deſſus, il n'ont qu'à dire, que la matiere des rayons, frappant les corps avec violence, en doit briſer & détruire tout à fait les moindres particules des corps. Mais ce ſentiment ne doit plus avoir lieu dans la ſaine Phyſique.

8) L'autre ſentiment, qui met la nature de la lumiere dans un ébranlement de l'éther, ſemble peu propre à éxpliquer ces effets ſurprenants des verres ardens. Cependant ſi on peſe bien toutes les circonſtances, on ſera bientôt convaincû de la poſſibilité. Quand les rayons naturels du ſoleil tombent ſur un corps, ils y excitent les moindres particules de ſa ſurface à un ébranlement, ou mouvement de vibration, qui eſt à ſon tour capable d'exciter de nouveaux rayons qui nous rendent viſible ce même corps. Et un corps n'eſt illuminé ou éclairé, qu'autant que ſes propres particules ſont miſes dans un mouvement de vibration ſi rapide, qu'il eſt capable de produire dans l'éther de nouveaux rayons.

9) Maintenant il eſt clair, que ſi les rayons naturels du ſoleil ont aſſez de force pour ébranler les moindres particules des corps, les rayons raſſemblés dans le foyer, doivent mettre les particules des corps qu'ils y rencontrent dans une ſi violente agitation, que leur liaiſon mutuelle eſt tout à fait rompue, & le corps même entierement détruit, ce qui eſt l'effet du feu. Car ſi le corps eſt combuſtible comme le bois,

la diſſolution de ſes moindres particules jointe à la plus rapide agitation, en chaſſe une bonne partie dans l'air, en forme de fumée, & les parties plus groſſieres reſtent ſous la forme de cendres. Les corps fuſibles, comme ſont les métaux, déviennent liquides par la diſſolution de leur particules, & c'eſt delà qu'on peut comprendre, comment le feu agit ſur les corps; ce n'eſt que la liaiſon entre leurs plus petites particules, qui en eſt attaquée & les particules mêmes enſuite y ſont miſes dans la plus grande agitation. Voilà donc un effet bien frappant que celui des verres ardens, qui tire ſon origine de la nature des verres convexes, j'aurai l'honneur d'en rapporter encore d'autres merveilles à V. A.

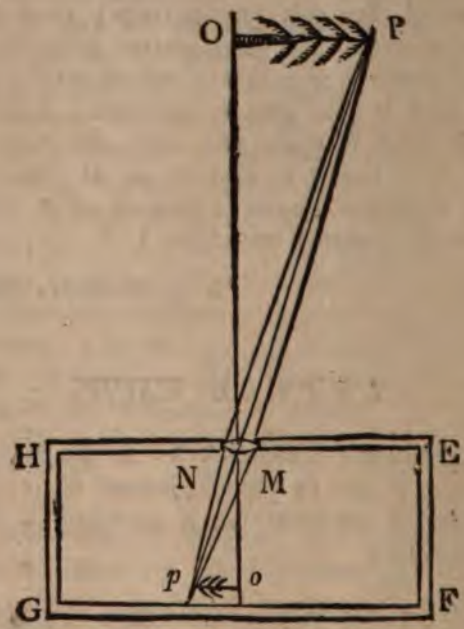
le 28. Decembre 1761.

LETTRE CXCIV.

Après avoir préſenté à V. A. les voeux ardens que je fais au rénouvellement de cette année pour ſa conſervation, je continue le fil de mon diſcours.

On fait encore uſage des verres convexes dans les chambres obſcures, où par le moyen d'un tel verre tous les objets de dehors ſont répréſentés dans la Chambre ſur une ſurface blanche, avec leurs couleurs naturelles; de maniere que toute la contrée y eſt répréſentée dans une plus grande

grande perfection, que ne les pourroit faire un peintre. Auſſi les peintres ſe ſervent-ils de ce moyen pour deſſiner avec exactitude les payſages & autres objets qu'on voit dans l'éloignement. C'eſt ſur ces chambres obſcures que je me propoſe d'entretenir V. A.



Cette

Cette figure EFGH répréſente la coupe d'une chambre obſcure, bien fermée de toutes parts, à l'exception d'un trou rond MN fait dans un volet, où l'on fixe un verre convexe d'un foyer tel, que l'image des objets de dehors, comme par exemple de l'arbre OP, tombe exactement ſur la muraille oppoſée FG en *op*. On ſe ſert auſſi d'une table blanche & mobile qu'on mêt dans le lieu des images répréſentées.

Ce n'eſt donc qu'à travers de ce trou MN, où eſt placé le verre, que les rayons de lumiere peuvent entrer dans la chambre, ſans lequel il y régneroit une obſcurité parfaite.

Conſiderons maintenant le point P de quelque objet, la tige par exemple de notre arbre OP. Ses rayons PM, PA, PN tomberont donc ſur le verre MN & en ſeront refractés en ſorte qu'ils ſe réuniſſent de nouveau au point *p* ſur la muraille, ou ſur une table blanche miſe expreſſement dans cet endroit. Ce point *p* ne recevra par conſequent d'autres rayons que ceux qui viennent du point P, de même tout autre point de la table ne récevra que les rayons qui ſont parti du point de l'objet qui y répond; & réciproquement à chaque point de l'objet du dehors répondra un point ſur la table qui en reçoit uniquement les rayons. Si l'on ôtoit le verre du trou MN, la table ſeroit tout autrement éclairée, puiſque alors chaque point de l'objet répan-

répandroit ſes rayons par toute la table ; de ſorte que chaque point de la table ſeroit éclairé à la fois par tous les objets du dehors, au lieu qu'actuellement il n'eſt éclairé que par un ſeul point de l'objet, dont il réçoit les rayons ; d'où V. A. comprendra aiſément que l'effet en doit être tout à fait different, que ſi les rayons entroient ſimplement par le trou M N dans la chambre.

Voyons de plus près en quoi conſiſte cette différence, & ſuppoſons d'abord que le point P de l'objet ſoit verd ; le point *p* de la table ne récévra donc que ces rayons verds de l'objet P, & qui en ſe réuniſſant ſeront une certaine impreſſion qu'il s'agira d'examiner ici. Pour cet effet V. A. voudra bien ſe réſſouvenir des propoſitions ſuivantes, que j'ai eu l'honneur de Lui expliquer autre-fois.

1) Les diverſes couleurs différent entr'elles de la même maniere que les différens tons de la muſique : chaque couleur eſt produite par un certain nombre déterminé de vibrations qui, dans un tems donné, ſont excitées dans l'éther. Ainſi la couleur verte de notre point P eſt appropriée à un certain nombre de vibrations, & elle ne ſeroit plus verte ſi ces vibrations étoient plus ou moins rapides. Quoique nous ne connoiſſions pas le nombre de vibrations qui produiſent telle ou telle couleur, il nous ſera toujours permis de ſuppoſer ici que la couleur verte exige 12000 vibrations par ſeconde, & ce que nous dirons de

ce

ce nombre de 12000 s'entendra auſſi aiſément du nombre véritable quelqu'il ſoit.

2) Cela poſé, le point *p* ſur la table blanche, ſera frappé par un mouvement de vibration, dont 12000 s'achevent dans une ſeconde. Or j'ai remarqué que les particules d'une ſurface blanche ſont toutes de nature à récévoir toutes ſortes d'ébranlemens, plus ou moins rapides, au lieu que les particules d'une ſurface colorée ne ſont propres qu'à recevoir ce même dégré de rapidité qui convient à leur couleur. Donc puisque notre table eſt blanche, le point *p* y ſera excité à un mouvement de vibration convenable à la couleur verte: ou bien il ſera agité 12000 fois par ſeconde.

3) Enſuite tant que le point *p*, ou la particule de la ſurface blanche, qui ſe trouve en *p* eſt agitée d'un ſemblable mouvement, elle communiquera le même mouvement aux particules de l'éther qui l'environnent; & ce mouvement ſe repandant en tout ſens, engendrera des rayons de la même nature, c'eſt à dire des rayons verts: De même que dans les ſons, le ſeul bruit d'un certain ton C, par exemple, ébranle une corde tendue au même ton & lui fait rendre du ſon, ſans qu'elle ſoit touchée.

4) Le point *p* de la table blanche produira donc des rayons verts de même que s'il étoit teint de cette couleur: & ce que j'ai fait voir ici

du point *p*, aura pareillement lieu pour tous les autres points de la table éclairée, qui tous produiront des rayons, & chacun de la même couleur qu'eſt celle de l'objet dont il répréſente l'image. Chaque point de la Table deviendra donc viſible ſous une certaine couleur de la même maniere que s'il en étoit actuellement teinte.

5) On appercevra donc ſur la table toutes les couleurs des objets de dehors, dont les rayons entreront dans la chambre par le verre: chaque point en particulier paroitra de la même couleur dont eſt l'objet qui lui répond, & ainſi on verra ſur la table un amas de pluſieurs couleurs diſpoſées dans le même ordre, qu'on les voit ſur les objets mêmes, c'eſt à dire une peinture, ou plutôt un parfait Tableau, qui répréſente au naturel tous les objets qui ſe trouvent hors de la chambre obſcure devant le verre N N.

6) Tous ces objets paroîtront cependant renverſés ſur la table, comme V. A. le jugera aiſement par ce que j'ai dit dans mes lettres précedentes. Le pied de l'arbre O ſera répréſenté en *o* & la tige P en *p*: car en general chaque objet doit ſur la table blanche être répréſenté, dans l'endroit où parvient la ligne droite tirée de l'objet P par le milieu du verre A; Ce qui eſt en haut ſera par conſéquent répréſenté en bas, & ce qui eſt à gauche ſera à la droite; en un môt tout ſera renverſé ſur le tableau;

non

non obſtant cela, la répréſentation ſera plus exacte & plus parfaite que ne la pourroit rendre le plus habile peintre.

7) V. A. remarquera au reſte que cette peinture ſera autant de fois plus pétite que les objets mêmes, que le foyer du verre ſera plus court. Ainſi les verres d'un foyer court rendront les objets en petit; & ſi l'on ſouhaite que les objets ſoient rendus en grand, il faut employer des verres d'un plus long foyer, ou qui répréſentent les images à une plus grande diſtance.

8) Pour contempler plus à ſon aiſe ces répréſentations, on intercepte les rayons par un miroir, d'où ils ſont réfractés, en ſorte qu'ils répréſentent toute la peinture ſur une table horizontale; ce qui eſt ſurtout d'une grande commodité lorsqu'on veut copier ce qu'on y voit répréſenté.

le 2 Janvier. 1762.

LETTRE CXCV.

Quoique V. A. n'ait plus aucun doute ſur les répréſentations qui ſe font dans une chambre obſcure, par le moyen d'un verre convexe, j'eſpere que les réflexions ſuivantes ne ſeront point ſuperflues, ſervant à mêttre cette matiere dans un plus grand jour.

1) Il faut premiérement que la chambre ſoit parfaitement obſcure ; car ſi elle étoit éclairée, la table blanche ſéroit viſible d'elle même, & les particules de ſa ſurface étant déjà ébranlées, ne pourroient plus récevoir l'impreſſion des rayons qui ſe réuniroient pour former les images des objets qui ſont hors de la chambre. Cependant pourvû qne la chambre ſoit peu éclairée, on apperevra toujours ſur la table quelque choſe de la répréſentation, quoiqu'elle ne ſoit pas ſi vive que ſi la chambre étoit entierement obſcure.

2) En ſecond lieu il faut bien diſtinguer la peinture exprimée ſur la table blanche, de l'image que le verre répréſente par ſa propre nature, comme je l'ai expoſé ci-deſſus Il eſt bien vrai que plaçant la table dans le lieu même où l'image des objets eſt formée par le verre, cette image ſe confondra avec la peinture qu'on apperçoit ſur la table, mais toutes fois ces deux choſes ſont d'une nature tout à fait différente : l'image n'eſt qu'un ſpectre ou une ombre voltigeant dans l'air, qui n'eſt viſible qu'en certains endroits tandis que la répréſentation eſt un vrai tableau que tous ceux qui ſont dans la chambre peuvent voir & auquel il ne manque que la durée.

3) Pour mieux éclaircir cette différence on n'a qu'à bien conſiderer la nature de l'image *o*, qui eſt répréſentée dans la figure cy-jointe par le verre convexe MN, l'objèt étant en O. Cette image n'eſt autre

autre choſe que le lieu, où les rayons OM, OC, ON de l'objet, après avoir traverſé le verre se réuniſſent par la réfraction, & continuent enſuite leur route de la même maniere, que s'il venoient du point *o* quoiqu'ils prennent naiſſance, en O & point du tout en *o*.

4) Cette circonſtance fait, que l'image *o* n'eſt viſible qu'aux yeux, qui ſe trouvent quelque part entre l'angle R *o* Q, comme en S, où un oeil récevra effectivement des rayons qui lui viennent du point *o*. Mais un oeil placé hors de cet angle comme en F ou en V, n'en verra rien du tout, puis qu'aucun des rayons réunis en *o*, n'y eſt dirigé: Ainſi l'image en *o* diffère bien eſſentiellement d'un objet réel: elle n'eſt viſible qu'en certains endroits & reſſemble en cela à ce qu'on nous raconte des ſpectres.

5) Mais ſi l'on place en *o* une table blanche & que ſa ſurface en ce point *o* ſoit réellement excitée à un ébranlement ſemblable à celui qui regne même dans l'objet O, alors cet endroit *o* de la ſurface engendre lui même des rayons qui le rendent viſible par tout. Voilà donc la différence entre l'image d'un objet & ſa répréſentation, faite dans une chambre obſcure: l'image n'eſt viſible qu'en certains endroits, ſçavoir dans les endroits par où paſſent les rayons qui viennent originairement de l'objet; au lieu que la peinture, où la répréſentation formée ſur la table blanche eſt vüe par ſes propres rayons excités par le

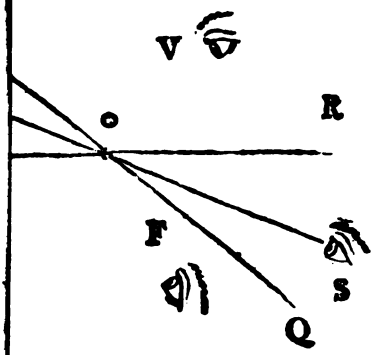
trémouſſement des particules de ſa ſurface & eſt par conſequent vûe par tout dans la chambre obſcure.

6) On voit auſſi qu'il eſt abſolument néceſſaire de mettre la table blanche exactement dans le lieu de l'image formée par le verre; afin que chaque point de la table ne réçoive d'autres rayons, que ceux qui viennent d'un ſeul point de l'objet: car ſi d'autres rayons y tomboient auſſi, ils troubleroient l'effèt de ceux là, ou rendroient au moins la répréſentation confuſe.

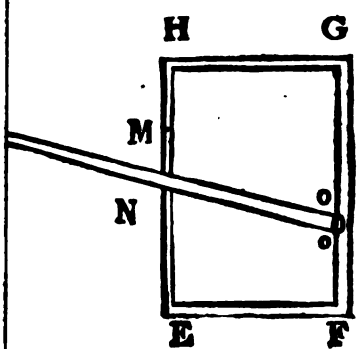
7) Si l'on ôtoit le verre tout à fait, & que les rayons trouvaſſent une entrée libre dans la chambre obſcure, la table blanche en ſeroit éclairée à l'ordinaire; ſans qu'on y vît la moindre peinture: ſur chaque point de la table tomberoient les rayons des différens objets & n'y exprimeroient aucune image déterminée. Ainſi la peinture qu'on voit dans une chambre obſcure ſur une ſurface blanche eſt l'effèt du verre convexe fixé au volet; c'eſt lui qui réunit de nouveau dans un ſeul point, tous les rayons qui viennent d'un point de l'objet.

8) Cependant on obſerve ici un phénoméne bien ſingulier, lorsque le trou fait au volet de la chambre obſcure eſt très petit: quoiqu'alors il n'y ait point de verre, on apperçoit cependant ſur la muraille oppoſée, les images des objets qui ſont dehors, & même avec leurs cou-

LETTRE CXCV. Fig. 1.



CV. Fig. 2.



couleurs naturelles : mais cette répréſentation eſt très foible & confuſe, & dès qu'on élargit le trou d'avantage, tout ce ſpectacle diſparoit entierement. Je me vois obligé d'expliquer la cauſe de ce phénomene.

Dans la figure ci-jointe, MN eſt la petite ouverture, par la quelle les rayons des objets de dehors entrent dans la chambre obſcure EFGH. La muraille FH vis à vis du trou eſt blanche, pour mieux récevoir l'impreſſion de toutes ſortes de rayons.

Que le point O marque un objet, dont il n'y a que les rayons OM, ON, avec ceux qui ſe trouvent entr'eux, qui peuvent entrer dans la chambre : ces rayons tomberont ſur le petit eſpace *o o* de la muraille & l'éclaireront : cet eſpace *o o* ſera d'autant plus petit, ou approchera d'autant plus d'un point, que le trou, MN, ſera petit : ſi donc ce trou étoit tres petit, nous aurions l'effet précédent où chaque point de la table blanche ne reçoit que les rayons d'un ſeul point de l'objet : il s'y feroit par conſequent une répréſentation ſemblable à celle que produit le verre convexe placé dans le trou du volet. Mais dans le cas préſent, le trou ayant une certaine étendüe, quelque petit quil ſoit, chaque point O de l'objet éclairera un certain petit eſpace *o o* ſur la muraille & l'ébranlera par ſes rayons. Il arrivera donc à peu près la même choſe, que ſi un peintre au

lieu de faire des points ſur le tableau y faiſoit avec un gros pinceau des tâches d'une certaine grandeur, en y obſervant toute fois le deſſein & le coloris : ce ſera à un tel barbouillage que reſſemblera notre répreſentation faite ſur la muraille : cependant elle ſera d'autant plus nette, que le trou, par lequel les rayons entreront, ſera petit.

le 5 Janvier 1762.

LETTRE CXCVI.

La chambre obſcure n'a proprement d'effet que ſur des objets fort éloigné, mais V. A. comprendra aiſément, que ſon uſage s'étend également à des objets plus voiſins ; alors il faut éloigner davantage la table blanche du verre & cela conformement à cette regle générale que plus on approche l'objet du verre convexe, plus l'image, où la table blanche doit être placée, s'en éloigne : or en cas que la chambre n'ait pas aſſés de profondeur on n'a qu'a employer un autre verre, dont le foyer ſoit plus court.

On pourroit donc placer hors la chambre devant le trou, où eſt le verre convexe, un objet quelconque ou bien un tableau, & alors on en verroit une copie dans la chambre obſcure exprimée ſur la table blanche, ou plus grande que l'original, ou plus petite, ſelon que la diſtance de l'image ſeroit plus grande ou plus petite

petite. Mais il ſeroit ſans doute plus commode, que cet objet put être expoſé dans la chambre obſcure même, afinque l'on puiſſe le manier & changer ſelon qu'on le jugeroit à propos; or il ſe preſente ici une grande difficulté, qu'il faut réſoudre; c'eſt que de cette façon l'objet deviendroit obſcure lui même, & par conſequent incapable de produire l'effet, que nous ſouhaiterions.

Il s'agit donc de trouver moyen d'éclairer l'objet le plus qu'on pourra dans la chambre obſcure même ſans que la lumiere puiſſe pénétrer dans la chambre. J'ai trouvé un moyen, & V. A. ſe ſouviendra que je l'ai executé dans une machine de cette nature, que j'ai eu l'honneur de lui préſenter, il y a ſix ans: & maintenant V. A. en comprendra aiſément la conſtruction & les principes, ſur les quels elle eſt fondée.

Cette machine conſiſte dans une caiſſe bien fermée de tous cotés, à peu près ſemblable à la figure jointe à cette lettre, où le coté de derriere EG a une ouverture IK, pour y chaſſer les objets, portraits ou les autres peintures OP qu'on veut répréſenter; de l'autre coté vis à vis eſt un tuyau MNQR, contenant un verre convexe MN; ce tuyau eſt mobile pour pouvoir approcher le verre de l'objet ou l'en eloigner comme on voudra. Alors, pourvuque l'objet OP ſoit bien éclairé, le verre en jettera quelque part l'image *o p*, & ſi l'on y place une table blanche, on y verra repreſentée une par-

faite copie de l'objet d'autant plus clâire que l'objet lui même ſera plus éclairé.

Pour cet effet j'ai pratiqué dans cette caiſſe deux ailes à cotés, pour y placer quelques lampes à groſſes méches & outre cela j'ai mis dans chaque aile un miroir qui réflechit la lumiere des lampes ſur les objets O P : Enfin en haut E F eſt une cheminée par où ſort la ſumée des lampes. Tel eſt la conſtruction de cette machine, au dedans de la quelle l'objet OP peut recevoir une très forte illumination, ſans que l'obſcurité de la chambre en ſoit diminuée. Pour l'uſage de cette machine il faut remarquer les articles ſuivants :

I. Si l'on enfonce le tuyau M N Q R, ou ſi l'on approche le verre M N de l'objet O P, alors l'image *o p* s'eloignera, & ainſi il faut reculer la table blanche pour y recevoir l'image; dans ce cas l'image deviendra auſſi plus grande & de cette maniere, on peut même groſſir l'image autant qu'on veut, en approchant d'avantage le verre M N de l'objet O P.

II. Quand on éloigne le verre de l'objet en allongeant le tuyau M N Q R, la diſtance de l'image deviendra plus petite, & il faut approcher du verre la table blanche pour avoir une répreſentation nette & diſtincte; mais elle deviendra dans ce cas plus petite.

III.

III. Il eſt auſſi clair que l'image ſera toujours renverſée, mais il eſt aiſé de rémedier à cet inconvenient, on n'a qu'à renverſer l'objet O P même, en tournant le haut en bas, & alors l'image ſera repreſentée de bout ſur la table blanche.

IV. C'eſt encore une remarque générale, que plus on groſſit l'image ſur la table blanche moins elle aura de lumiere, & deviendra plus obſcure : au lieu que ſi l'on fait l'image petite, elle devient plus lumineuſe & plus brillante. La raiſon en eſt évidente, toute la clarté provient de l'illumination de l'objet; donc, plus elle eſt répandue dans un grand eſpace, plus elle doit être affoiblie, mais étant réduite dans un moindre eſpace, elle ſera plus vive & plus brillante.

V. Donc plus on veut groſſir la répréſentation, plus on doit renforcer l'illumination de l'objet, en allumant plus de lampes dans les ailes de la machine, ou en rendant leur flamme plus forte; or pour des petites répreſentations une illumination mediocre eſt ſuffiſante.

Cette machine, dont je viens de donner la deſcription eſt nommée une Lanterne magique, pour la diſtinguer d'une chambre obſcure ordinaire, dont on ſe ſert pour répréſenter les objets fort éloignés : la figure a ſans doute occaſionné le nom de Lanterne, ſur tout puiſqu'on y en-

y enferme des lumieres ; mais l'epithete de *magique* vient de ce que les premiers poſſeſſeurs ont voulu perſuader au peuple, qu'il s'y mêlait quelque magie ou ſorcilege. Cependant les Lanternes magiques ordinaires ne ſont point conſtruites de cette façon & on ne répréſente par elles d'autres objets, que des figures peintes ſur du verre, au lieu que cette machine, dont j'ai imaginé la conſtruction, peut être appliquée à toutes ſortes d'objets.

On peut même s'en ſervir pour répréſenter les plus petits objets, & les groſſir prodigieuſement, deſorte que la plus petite mouche paroitra auſſi grande qu'un éléphant : mais alors la clarté produite par des lampes ne ſuffit pas ; il faut diſpoſer la machine en ſorte, que les objets puiſſent être eclairés par les rayons du ſoleil renforcés par un verre ardent : alors la machine change encore de nom, & eſt appellée un microſcope ſolaire, dont j'aurai occaſion de parler plus amplement dans la ſuite.

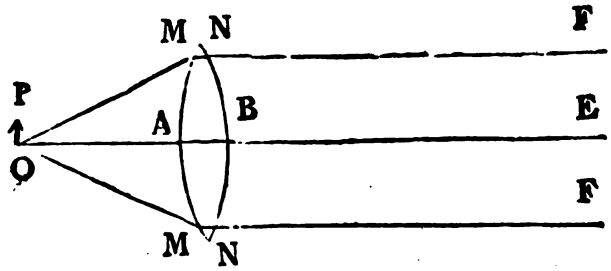
le 9 Janvier. 1762.

LETTRE CXCVII.

On ſe ſert auſſi de verres convexes pour régarder immediatement à travers : mais pour en expliquer les differens uſages il faut pouſſer plus loin nos recherches ſur leur nature.

Ayant

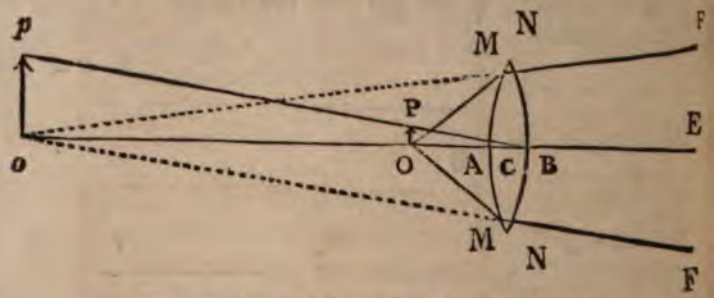
Ayant obſervé la diſtance de foyer d'un tel
:rre, j'ai deja remarqué, que lorsque l'objet
ı eſt fort eloigné, ſon image eſt repreſentée
ın le foyer même, mais ſi l'on approche l'ob-
t du verre, l'image s'en eloigne de plus en
us, deſorte que ſi la diſtance de l'objet eſt égale
la diſtance du foyer du verre, l'image s'en
oigne a l'infini, & dévient par conſequent in-
ıiment grande.



La raiſon en eſt que les rayons OM, OM,
ui tombent du point O ſur le verre, ſont
ompus par le verre, en ſorte qu'ils deviennent
aralleles entr'eux comme NF & NF, & com-
ıe des lignes paralleles ſont cenſées courir à
'infini & que l'image eſt toujours, où les
ayons qui ſont ſortis d'un point de l'objet. ſe
euniſſenr de nouveau après la refraction; dans
e cas où la diſtance de l'objet OA eſt égale
ı la diſtance de foyer du verre, le lieu de l'ima-
ge s'éloigne à l'infini, & puisqu'il eſt indifferent
ju'on conçoive que les lignes paralleles NF &
NF concourent à l'infini vers la gauche, ou
qu'elles concourent vers la droite; on peut
dire

dire également que l'image ſe trouve tant à droite qu'à gauche, dans un éloignement infini, l'effet en étant toujours le même.

Cela remarqué V. A jugera aiſement, en quel lieu l'image doit ſe trouver, lorsqu'on approche l'objet d'avantage du verre.

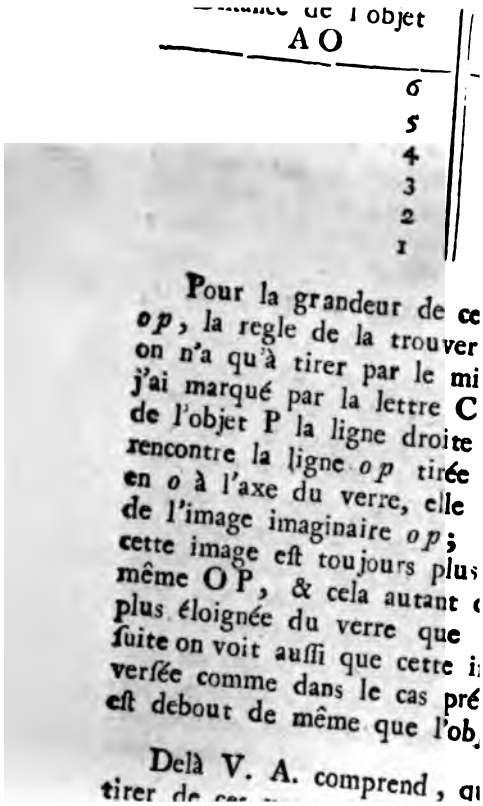


Soit OP, l'objet, & puisque ſa diſtance OA du verre convexe eſt moindre que ſa diſtance de foyer, les rayons OM, OM qui y tombent du point O ſont trop divergens, pour que la force réfractive du verre les puiſſe rendre paralleles entr'eux: ils demeureront donc encore après la réfraction divergens comme le marquent les lignes NF & NF mais beaucoup moins qu'auparavant, & conſequemment en prolongeant ces lignes en arriere, elles concourront quelques parts en *o*, comme V. A. le peut voir dans les lignes ponctuées N*o* & N*o*. Par conſequent les rayons NF & NF après avoir paſſé par le verre, tiennent la même route, que s'il venoient du point *o* quoiqu'ils n'ayent pas paſſé par ce point, puis-

puisque ce n'eſt que dans le verre qu'ils ont pris cette nouvelle route. Un oeil donc qui reçoit ces rayons réfractés N F, N F ſera également affecté, que ſi ces rayons venoient effectivement du point *o*, & parconſéquent s'imaginera, que l'objet de ſa viſion exiſte en *o* Toutes fois il n'y aura point d'image comme dans le cas précedent, on auroit beau mêttre en *o* une table blanche il ne s'y répreſenteroit aucun Tablean, faute de rayons, c'eſt pourquoi on dit, qu'il y a en *o* une image imaginaire, c'eſt à dire une image qui n'eſt point réelle: le môt *imaginaire* étant oppoſé à celui de *réel.*

Cependant un oeil placé en E réçoit la même impreſſion, que ſi l'objet O P dont les rayons ſont ſortis originairement exiſtoit en *o.* Il eſt donc très important de connoître, tout comme dans les cas précedent, tant le lieu que la grandeur de cette image imaginaire *o p.* Pour le lieu il ſuffit de remarquer, que ſi la diſtance de l'objet A O étoit égale à la diſtance du foyer du verre, l'image en ſeroit éloignée à l'infini, & c'eſt ce que ce cas a de commun avec le cas précédent; mais plus on approche l'objet du verre, ou que la diſtance A O devient plus petite que la diſtance du foyer du verre, plus auſſi l'image imaginaire s'approche du verre, de ſorte pourtant qu'elle reſte toujours plus éloigné du verre que l'objet même.

Pour éclaircir la choſe par un exemple, ſuppoſons que la diſtance de foyer du verre ſoit de



Pour la grandeur de ce
op, la regle de la trouver
on n'a qu'à tirer par le mi
j'ai marqué par la lettre C
de l'objet P la ligne droite
rencontre la ligne *op* tirée
en *o* à l'axe du verre, elle
de l'image imaginaire *op*;
cette image eſt toujours plus
même O P, & cela autant
plus éloignée du verre que
ſuite on voit auſſi que cette i
verſée comme dans le cas pré
eſt debout de même que l'ob

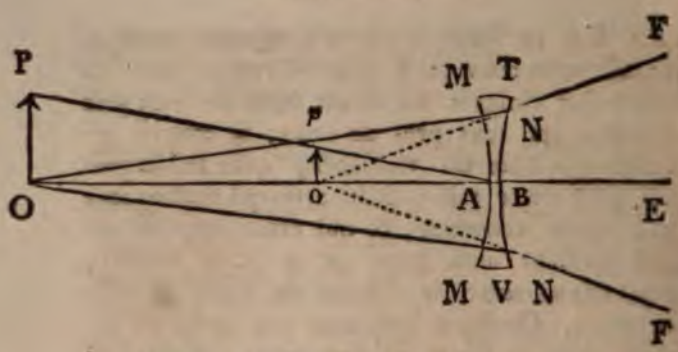
Delà V. A. comprend, q
tirer de ces

ient. Ces perſonnes n'ont qu'à regarder ces objets ar des verres convexes & ils les verront, comme s'ils toient fort éloignés. Ce défaut de ne pas bien voir es objets qui ſont près de nous, ſe trouve or- inairement chés les vieillards, qui ſe ſervent uſſi pour cette raiſon de lunettes qui contiennent eux verres convexes, & qui étant expoſés au oleil brûlent auſſi bien qu'un verre ardent, e qui fait connoitre la diſtance du foyer de cha- ue verre. Quelques perſonnes ont beſoin de lu- ettes dont le foyer eſt fort court, d'autres ſe ervent de lunettes d'un foyer plus grand, ſelon portée de leur vüe; mais il me ſuffit pour le reſent d'avoir expliqué l'uſage de ces lunettes n général.

le 12 Janvier. 1762.

LETTRE CXCVIII.

V. A. vient de voir, comment les verres nvexes ſoulagent la vüe des veillards en leur preſentant les objets plus loins qu'ils ſont effecti- ement; mais il y a auſſi des yeux qui de- andent, pour voir diſtinctement les objets, u'ils ſoient répréſentés plus près, & ce ſont les ver- s concaves qui leur rendent ce ſervice: ceci me nduit à l'explication de l'effet des verres con- ves, qui eſt directement contraire à celui des rres convexes.



Lorsque l'objet OP eſt fort éloigné, & que ſes rayons O M, O M tombent preque paralleles ſur le verre concave T V, alors au lieu de devenir convergens par la réfraction du verre, ils deviennent au contraire plus divergens, en ſuivant les routes N F, N F, qui, étant prolongées en arriere concourent dans le point *o*; de ſorte qu'un oeil placé par exemple en E reçoit ces rayons réfractés de la même maniere, que s'ils partoient du point *o* quoiqu'effectivement ils viennent du point O; & c'eſt par cette raiſon que j'ai dans la figure ponctué les lignes droites N *o*, N *o*.

Comme l'objet eſt ſuppoſé être infiniment éloigné, ſi le verre étoit convexe, le point *o* ſeroit ce qu'on nomme foyer, mais puisqu'ici il n'arrive aucune concurrence réelle de rayons, on nomme alors ce point, le foyer imaginaire du verre concave; quelques auteurs le nomment auſſi le point de diſperſion, puisque les rayons

rayons réfractés par le verre, ſemblent être diſperſés de ce point.

Les verres concaves n'ont donc point un vrai foyer, comme les convexes, mais ſeulement un foyer imaginaire dont la diſtance au verre A *o* eſt cependant auſſi nommée la diſtance du foyer de ce verre & ſert, par le moyen d'une regle ſemblable à celle qu'on donne pour les verres convexes, à déterminer le lieu de l'image, lorque l'objet n'eſt pas infiniment éloigné. Or cette image eſt toujours imaginaire, au lieu que pour les verres convexes elles ne devient imaginaire, que lorsque l'objet eſt plus proche que la diſtance du foyer. Sans entrer dans l'explication de cette regle qui regarde uniquement le calcul, il ſuffit de remarquer :

I. Que lorsque l'objet OP eſt infinement éloigné, l'image imaginaire *op* eſt répréſentée à la diſtance de foyer du verre concave & cela vers le même côté, que ſe trouve l'objet. Cependant, quoique cette image ſoit imaginaire, l'oeil placé en E eſt tout auſſi bien affecté, que ſi elle etoit réelle ; comme j'ai eu l'honneur de le dire à V. A. au ſujet des verres convexes où l'objet eſt plus proche du verre, que ſa diſtance de foyer.

II. Lorsqu'on approche d'avantage du verre l'objet OP, ſon image *op* s'approchera auſſi d'avantage du verre, mais de ſorte que

l'image ſera toujours plus proche du verre que l'objet, au lieu que pour les verres convexes l'image en eſt plus éloignée que l'objet. Pour mieux éclaircir cela, ſuppoſons que la diſtance de foyer du verre concave ſoit de 6 pouces;

Si la diſtance de l'objet O A eſt.	la diſtance de l'image, o A ſera;
infinie	6
30	5
12	4
6	3
3	2
2	1 & un demi.

III. Pour la grandeur de l'image imaginaire *o p*, on la determine toujours par la même regle. On tire du milieu du verre, une ligne droite à l'extremité de l'objet P qui paſſera alors par l'extremité *p* de l'image. Car puisque la ligne P A répréſente un rayon qui vient de l'extrêmité de l'objet, il faut que ce même rayon après la réfraction, paſſe par l'extrêmité de l'image; mais ce rayon P A puïsqu'il paſſe par le milieu du verre, ne ſouffre aucune réfraction, donc il faut qu'il paſſe lui même par l'extrêmité de l'image, qui ſera en *p*.

IV. Cette image n'eſt pas renverſée, mais dans un ſens naturel comme l'objet; & on peut obſerver cette regle générale, que toutes les fois que l'image tombe du même coté du verre

verre où eſt l'objet, l'image eſt toujours répréſentée debout, ſoit que le verre ſoit convexe ou concave; mais quand l'image eſt répréſentée de l'autre côté du verre, alors l'image eſt renverſée; or ce cas ne ſauroit avoir lieu que dans les verres convexes.

V. Delà il eſt clair, que les images répréſentées par les verres concaves ſont toujours plus petites que les objets: & la raiſon en eſt évidente, puiſque les images ſont plus proches que les objets: on n'a qu'à regarder la figure pour s'aſſurer de cette vérité. Ce ſont les propriétés principales qu'il eſt bon de remarquer ſur la nature des verres concaves, & la maniere dont ils répreſentent les objets.

Maintenant il eſt aiſé de comprendre, comment les verres concaves rendent de grands ſervices à ceux qui ont une vüe courte. V. A. connoît bien des perſonnes qui ne ſauroient lire ou ecrire, à moins qu'ils ne touchent presque le papier de leur nés. Afin donc que ces gens voyent diſtinctement, il faut qu'ils approchent les objets de leurs yeux, & je crois avoir dejà remarqué qu'on leur donne le nom de Miopes: à ceux ci donc les verres concaves ſeront d'un excellent uſage, car ils leur répréſentent les objets les plus éloignés, comme étant fort prés: les images n'étant plus éloignées de ces verres, que de leur diſtance de foyer qui pour la plûpart, ne ſurpaſſe pas quelques pouces.

Il eſt bien vray que ces images ſont auſſi beaucoup plus petites que les objets mêmes; mais cela n'aporte aucun obſtacle à la viſion diſtincte. Une petite choſe de près, nous peut paroître plus grande, qu'un très grand corps lorsqu'il eſt fort eloigné. En effet une piece de *deux-dreyer* (*) paroitra à V. A. plus grande qu'une étoile du ciel quand même cette étoile ſurpaſſeroit de beaucoup la terre en groſſeur.

Ceux donc qui ont la vüe courte ou les Miopes, ont beſoin de verres qui leur répreſentent les objets plus près; & ce ſont les verres concaves. Or ceux qui ont la vüe trop longue qu'on nomme Presbites, ont beſoin de verres convexes, qui leur répréſentent les objets dans un plus grand éloignement.

le 16 Janvier 1762.

LETTRE CXCIX.

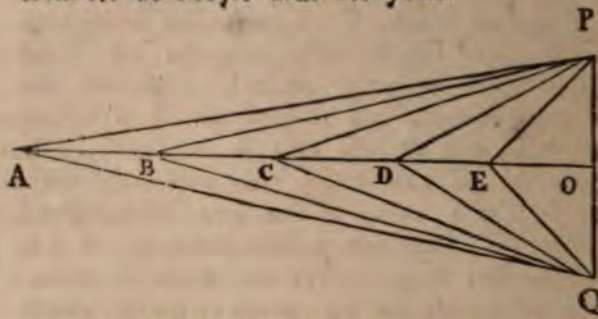
J'ai eu l'honneur de parler à V. A. des Miopes, qui ſont obligés de ſe ſervir de verres concaves pour bien voir les objets éloignés, pendant que les Presbites ſe ſervent de verres convexes pour bien voir les objets voiſins: chaque vüe a une certaine étendue, chacun voudroit avoir un verre,

(*) Petite monnoye d'argent, qui eſt la quarante-huitieme partie d'un ecû & un peu plus grande que la prunelle de l'oeil.

erre qui lui repreſentât parfaitement les objets. Chés les Miopes cette diſtance eſt fort petite, t chés les Presbites très grande: mais on trouve uſſi des yeux ſi bien conditionés qu'ils voyent galement bien les objets voiſins & les éloignés.

Cependant de quelque nature que ſoit la ûe d'un homme, la diſtance ne doit jamais être rop petite, il n'y a point de Miopes qui uiſſent voir diſtinctement à une diſtance plus etite qu'un pouce, V. A. aura ſans doute bien bſervé, que lorsque Elle approche un objet rop près des ſes yeux, Elle ne voit rien que rès confuſément, cela dépend de la ſtructure es yeux, qui eſt telle dans les hommes, qu'ils e peuvent pas voir à une trop petite diſtance: ais il n'y a aucun doute que les inſectes, uiſſent voir à de très petites diſtances, & que s objets fort éloignés leur demeurent inviſibles. ne crois pas qu'une petite mouche puiſſe oir les étoiles parce qu'elle voit très bien à diſtance d'une dixieme partie d'un pouce, où ous ne voyons abſolument rien. Cette conſi-ération me conduit à l'explication des Microſcro-es, qui nous répréſentent les plus petits objets, omme s'ils étoient bien grands. Or pour en onner une juſte idée, il faut bien diſtinguer grandeur apparente de chaque objet, de ſa randeur véritable; celle cy fait l'objet de la éometrie, & eſt invariable tant que le corps emeure dans ſon état. Mais la grandeur ap-arente peut varier à l'infini, quoique le corps

demeure toujours le même. Ainſi les etoiles nous paroiſſent extrêmement petites, quoique leur grandeur véritable ſoit prodigieuſe. La raiſon en eſt que nous en ſommes à une très grande diſtance. S'il nous étoit permis de nous en approcher, elles nous paroitroient plus grandes, d'où V. A. jugera aiſément que la grandeur apparente dépend de l'angle, que font entr'eux les rayons qui viennent des extrêmités de l'objet dans nos yeux.



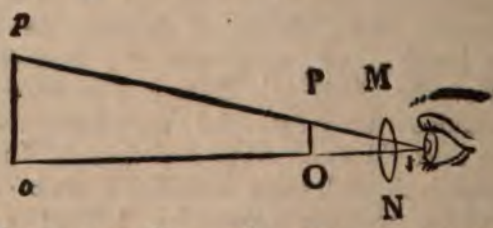
Soit P O Q l'objet de notre vüe, lequel ſi l'oeil étoit placé en A, paroitra ſous l'angle P A Q, qui eſt nommé l'angle viſuel, & nous indique la grandeur apparente de cet objet; d'où il eſt evident, que plus l'oeil s'éloigne de l'objet, plus cet angle devient petit; & ainſi il eſt poſſible, que les plus grands corps nous paroiſſent ſous un très petit angle viſuel, pourvuque nous nous en ſoyons aſſés éloignés, comme il arrive dans les étoiles. Mais quand l'oeil s'approche d'avantage de l'objet, & qu'il le regarde de B il lui paroitra ſous l'angle viſuel P B Q, qui

eſt

eſt viſiblement plus grand que P A Q. Approchons l'oeil jusqu'en C, & l'angle viſuel P C Q ſera encore plus grand. De plus l'oeil étant placé en D, l'angle viſuel ſera P D Q, & en l'approchant jusqu'en E, l'angle viſuel ſera P E Q toujours plus grand. Donc, plus on approche l'oeil de l'objet, plus l'angle viſuel devient grand, & ainſi la grandeur apparente plus grande. Donc quelque petit que ſoit l'objet, il eſt poſſible d'en augmenter la grandeur apparente autant qu'on voudra : on n'a qu'à s'en approcher autant qu'il faut, pour un ſi grand angle viſuel. Ainſi une mouche étant aſſés proche de l'oeil pourra paroitre ſous un auſſi grand angle qu'un élephant à la diſtance de dix pieds. Dans une telle comparaiſon il faut ſoigneuſement ajouter la diſtance, dans la quelle on ſuppoſe voir l'élephant; car ſans cette condition on ne diroit abſolument rien; puiſqu'un élephant ne nous paroit grand, que quand nous n'en ſommes pas fort éloignés. Deja à la diſtance d'un Mile, on ne diſtingue peut être plus un élephant d'un cochon, & s'il étoit transporté dans la Lune, il deviendroit aſolument inviſible, à cauſe de ſa trop petite grandeur apparente; & à cet égard je pourrois bien dire, qu'une mouche me paroit plus grande qu'un élephant, s'il ſe trouvoit dans un très grand éloignement. Ainſi quand on veut parler avec préciſion, on ne peut pas parler de la grandeur apparente d'un corps, ſans avoir égard à la diſtance de ce corps, puiſque le même corps nous peut paroitre, tantôt très grand, tantôt très

petit, ſelon que la diſtance eſt plus petite ou plus grande. Il ſemble donc très facile de voir les plus petits objets ſous de très grands angles viſuels, on n'a qu'a le tenir à une très petite diſtance de l'oeil.

Une mouche pourroit bien ſe ſervir de cet expedient ; mais les yeux des hommes ne ſauroit rien voir dans de trop petites diſtances, quelque courte que ſoit leur vüe, d'ailleurs les bonnes vües voudroient auſſi voir les plus petits objets d'une extrême groſſeur. Il s'agit de trouver un moyen, par lequel nous puiſſions voir un objet diſtinctement, non obſtant ſa grande proximité de l'oeil. Les verres convexes nous procurent cet avantage, en éloignant l'image des objets qui nous ſont trop près.



On ſe ſert d'un très petit verre convexe MN dont la diſtance de foyer ſoit très petite comme par exemple un demi pouce ; ſi l'on place devant ce verre un petit objet OP à une diſtance un peu plus petite que d'un demi pouce, le verre en repreſentera l'image quelque part en *op*, auſſi loin qu'on voudra. Qu'on tienne donc

donc l'oeil derriere le verre, & il verra l'objet de la même maniere, que s'il étoit actuellement en *o*, & ainſi dans un éloignement ſuffiſant & tout comme ſi ſa grandeur étoit *op*: comme l'oeil eſt ſuppoſé très proche du verre, l'angle viſuel ſera *pio*, c'eſt à dire le même que PiO ſous lequel l'oeil nud verroit l'objet OP dans cette proximité; mais la viſion eſt à préſent devenue diſtincte par le moyen du verre, c'eſt le principe ſur lequel la conſtruction des Microſcopes eſt fondée.

le 19 Janvier 1762.

LETTRE CC.

Quand pluſieurs perſonnes regardent par un microſcope le même objet, comme par exemple le pied d'une mouche, tous conviennent, qu'ils le voyent très grand, mais leur jugement ſur la veritable groſſeur ſera fort partagé, l'un dira que ce pied lui paroit auſſi grand que celui d'un cheval, un autre que celui d'une chevre, le troiſieme que celui d'un chat. Or au fond aucun n'avance rien de précis là deſſus, à moins qu'il n'ajoute à qu'elle diſtance il pretend voir les pied du cheval, ou de la chevre, ou du chat: ils ſouſentendent donc eux mêmes ſans qu'ils le diſent chacun une certaine diſtance, la quelle étant ſans doute differente, on n'a pas lieu d'etre ſurpris de leur divers ſentimens, puisqu'un pied de cheval étant vu de loin peut bien ne pas paroitre plus grand qu'un pied de

chat

chat vu de près. Ainſi quand il s'agit de dire combien un microſcrope groſſit les objets, il faut s'accoutumer à parler d'une maniere plus préciſe, & expliquer principalement la diſtance dans la comparaiſon qu'on veut faire.

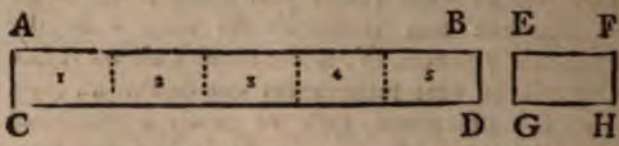
Or d'abord il ne convient pas de comparer les apparences que nous offrent les microſcopes avec les objets d'une autre nature, que nous ſommes accoutumés de voir, tantot loin, tantôt près; le plus ſur moyen de regler cette eſtime, ſemble celui, dont les Auteurs, qui traitent des microſcopes, ſe ſervent actuellement. Ils comparent un petit objet vu par le microſcrope, avec celui ſous le quel le même objet ſeroit vü à la vüe ſimple, en étant éloigné à une certaine diſtance & ils ſont d'avis, que pour bien contempler un tel petit objet à la vüe ſimple, il le faut placer à la diſtance de 8 pouces, ils ſe reglent dans cela ſur de bons yeux, car un Miope s'en aprocheroit bien d'avantage & un Presbyte feroit le contraire. Mais cette difference n'influe pas ſur le raiſonnement, pourvu-qu'on fixe la diſtance ſur laquelle on ſe regle, & il n'y a aucune raiſon qui nous oblige de fixer une autre diſtance que celle de 8 pouces reçue de tous les Auteurs qui ont traité cette matiere. Ainſi quand on dit qu'un microſcope rend les objets 100 fois plus grand V. A. entendra, qu'à l'aide de ce microſcope, les objets paroiſſent 100 fois plus grands, que ſi nous les regardions à la diſtance de 8 pouces, & par ce moyen elle ſe formera une juſte idée de l'effet d'un microſcope.

En

En general, un microſcope groſſit autant de fois, qu'un objet paroit plus grand, que ſi on le regardoit ſans le ſecours du verre à la diſtance de 8 pouces. V. A. conviendra aiſément que c'eſt déjà un éffet ſurprennant que de voir un objet 100 fois plus grand, qu'il ne paroit à la diſtance de 8 pouces: mais on a pouſſé la choſe beaucoup plus loin, & on a des microſcropes qui groſſiſſent jusqu'à 500 fois, ce qui eſt prodigieux; on pouroit bien dire alors que la jambe d'une mouche paroit plus grande que celle d'un Elephant. Je crois même qu'on pourroit bien faire des Microſcopes qui groſſiroient 1000 fois & même 2000 fois, qui nous decouvriroient ſans doute quantité de choſes, qui nous ſont encore inconnües.

Mais quand on dit, qu'un objet paroit par le microſcope 100 fois plus grand, qu'étant vü à la diſtance de 8 pouces, il faut entendre par là que l'objet eſt groſſi tant en longueur qu'en largeur & profondeur, de ſorte que chacune de ces dimenſions paroit 100 fois plus grande. On n'a donc qu'à concevoir à la diſtance de 8 pouces un autre objet ſemblable au premier, mais dont la longueur ſoit 100 fois plus grande de même que la largeur & la profondeur, & ce ſera l'image qu'on voit par le Microſcope. Or ſi tant la longueur que la largeur & la profondeur d'un objet ſont cent fois plus grandes que celles d'un autre, V. A. comprendra aiſément que toute l'étendue ſera beaucoup plus de 100 fois plus grande: pour mettre cela dans tout ſon jour, concevons deux parallelogrammes AB CD,

CD, & EFGH, qui ayent la même largeur



mais que la longueur du premier AB ſoit 5 fois plus grande que la longueur de l'autre EF, & il eſt clair que l'aire ou l'eſpace contenue dans le premier eſt 5 fois plus grande que celle, qui eſt renfermée dans l'autre, puiſqu'en effet celuicy eſt 5 fois contenu dans le premier. Donc pour que le parallelograme AD ſoit 5 fois plus grand que le parallelogramme EH, il ſuffit que ſa longueur AB ſoit 5 fois plus grande, pendant que la largeur eſt la même; & ſi outre cela la largeur etoit auſſi 5 fois plus grande, il deviendroit encore 5 fois plus grande, & ainſi 5 fois 5 fois, c'eſt-à-dire 25 fois plus grande. Ainſi de deux ſurfaces ſemblables, dont l'une eſt 5 fois plus longue & 5 fois plus large que l'autre, celle là eſt effectivement 25 fois plus grande.

Si nous mettons encore en ligne de compte la profondeur ou hauteur, l'augmentation ſera encore plus grande. Que V. A. conçoive deux chambres, dont l'une ſoit 5 fois plus longue, 5 fois plus large & auſſi 5 fois plus haute que l'autre: ſa capacité deviendra 5 fois 25 fois, c'eſt à dire 125 fois plus grande. Donc lorſqu'on dit qu'un microſcope groſſit 100 fois, puiſqu'on le doit entendre tant de la longueur que de la largeur & profondeur ou épaiſſeur, c'eſt à dire de toutes les

trois

trois dimenſions, toute l'étendüe de l'objet ſera augmentée 100 fois 100 fois 100 fois; or 100 fois 100 fait 10000, qui étant pris encore 100 fois, donne 1000000 ou un million, ainſi quand un microſcope groſſit 100 fois, l'étendue toute entiere de l'objet eſt répréſentée 1000000 fois plus grande. Cependant on ſe contente de dire, que le microſcope ne groſſit que 100 fois; mais il faut entendre que chaque dimenſion, ſavoir la longueur la largeur & la profondeur eſt répréſentée 100 fois plus grande. Donc ſi un microſcope groſſiſſoit 1000 fois, l'étendue entiere de l'objet deviendroit 1000 fois 1000 fois 1000 fois plus grande, ce qui fait 1000000000 ou mille millions ce qui ſeroit un effet prodigieux. Cette remarque eſt bien neceſſaire pour ſe former une juſte idée de ce qu'on dit ſur la force des microſcopes.

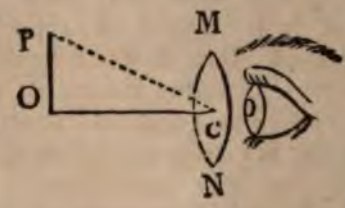
le 23 Janvier 1762.

LETTRE CCI.

Ayant expliqué à V. A. de quelle maniere on doit juger de la force des Microſcopes, il me ſera aiſé de démontrer la propoſition fondamentale pour la conſtruction des Microſcopes ſimples. Or à cette occaſion je dois remarquer, qu'il y a deux ſortes de Microſcopes, les uns ne contiennent qu'un ſeul verre, & les autres en contiennent deux ou pluſieurs; ceux là portent le nom de Microſcopes ſimples, & ceux ci

de

de Microſcopes compoſés, qui demandent des éclairciſſemens particuliers. J'entretiendrai V. A. en premier lieu des microſcopes ſimples, qui ne conſiſtent que dans un ſeul verre convexe, dont l'effet eſt déterminé par cette propoſition: *Un microſcope ſimple groſſit autant de fois que ſa diſtance de foyer eſt plus près que 8 pouces*, en voici la demonſtration.



Soit MN un tel verre convexe dont la diſtance de foyer ſoit CO, à laquelle, il faut placer l'objet OP à peu près, afin que l'oeil le voye diſtinctement; or il verra cet objet ſous l'angle OCP. Mais ſi l'on regardoit le même objet à la diſtance de 8 pouces, il paroitroit ſous un angle autant de fois plus petit que la diſtance de 8 pouces ſurpaſſe la diſtance CO; & l'objet paroitra donc autant de fois plus grand que ſi on le regardoit à la diſtance de 8 pouces. Or ſelon la regle établie cy-deſſus un microſcope groſſit autant de fois, qu'il nous préſente les objets plus grands, que ſi nous les regardions à la diſtance de 8 pouces. Par conſequent un microſcope groſſit autant de fois, que ſa diſtance de foyer eſt plus petite que 8 pouces. Donc

un

un verre, dont la distance de foyer est 1 pouce, grossit précisement 8 fois, & un verre dont la distance de foyer n'est qu'un demi pouce, grossira 16 fois. On divise un pouce en 12 parties qu'on nomme *lignes*, de sorte qu'un demi pouce contient 6 lignes; delà il sera aisé de dire combien de fois chaque verre, dont la distance de foyer est donnée en lignes, doit grossir, selon cette table.

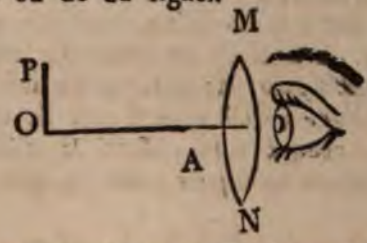
Distance de foyer du verre en lignes

12. 8. 6. 4. 3. 2. 1. $\frac{1}{2}$ lignes

Grossit 8. 12. 16. 24. 32. 48. 96. 192 fois

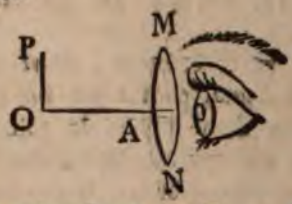
Ainsi un verre convexe, dont la distance de foyer est une ligne, grossit 96 fois; & si la distance est d'une demi ligne, le mitroscope grossira 192 fois, ou environ 200 fois. Si l'on vouloit des effets plus grands, il faudroit faire des verres, dont le foyer fut encore plus petit. Or j'ai deja remarqué que pour faire un verre d'un certain foyer donné, on n'a qu'à mettre le rayon de chaque face égale à cette distance de foyer, de sorte que le verre devienne également convexe des deux cotés. Je m'en vais donc exposer aux yeux de V. A. les desseins de quelques uns de ces verres, ou microscopes.

I. La diſtance de foyer de ce verre A O eſt d'un pouce ou de 12 lignes.



ce microſcope groſſit donc 8 fois.

II. La diſtance de foyer du verre M N eſt de 8 lignes.



ce microſcope groſſit 12 fois

III. La diſtance de foyer du verre M N eſt de 6 lignes.

ce microſcope groſſit 16 fois.

IV.

IV. La diſtance de foyer de ce verre eſt de 4 lignes.

ce microſcope groſſit 24 fois.

V. La diſtance de foyer de ce verre eſt de 3 lignes.

ce microſcope groſſit 32 fois.

VI. La diſtance de foyer de ce verre eſt de 2 lignes.

ce microſcope groſſit 48 fois.

VII. La diſtance de foyer de ce verre n'eſt que d'une ligne.

ce microſcope groſſit 96 fois.

On peut faire encore des Microſcopes beaucoup plus petits. Les artiſtes en exécutent & nous procurent par ce moyen des effets beaucoup plus conſiderables, par où il faut bien remarquer, que la diſtance de l'objet au verre devient de plus en plus petite, puisqu'elle doit être à peu près égale à la diſtance de foyer du verre. Je dis à peu près, parceque chaque oeil y approche le verre tant ſoit peu plus ou moins ſelon ſa conſtitution; les Miopes l'approchent d'avantage, & les Presbites moins. De la V. A. voit, que plus l'effet eſt grand, plus le verre ou le microſcope devient petit, & plus auſſi il faut approcher l'objet: ce qui eſt un très grand inconvient d'un côté, puisqu'il eſt incommode de regarder à travers un ſi petit verre, & d'un autre côté, puisque l'objet doit être fixé ſi près de l'oeil. On tâche de rémédier à ces inconveniens par une garniture convenable, qui en facilite l'uſage, mais la viſion de l'objet ſe trouble conſiderablement, dès que la diſtance de l'objet ſouffre le moindre changement & comme dans les plus petits verres l'objet doit presque toucher le verre, dès que la ſurface de l'objet eſt tant ſoit peu inégale, on ne voit l'objet que confuſément. Car quand les éminences ſe trouvent à la juſte diſtance, les concavités en ſont trop éloignées & ainſi ne ſauroient être vûes que très confuſément. C'eſt la principale raiſon qui nous oblige de renoncer aux microſcopes ſimples, quand on ſouhaite des microſcopes

qui

qui groſſiſſent beaucoup, & de recourir aux microſcopes compoſés.

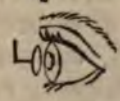
le 26 Janvier. 1772.

LETTRE CCII.

A

V. A. vient de voir, comment il faut faire des microſcopes ſimples, qui groſſiſſent autant de fois, qu'on peut ſouhaiter, on n'a qu'à fixer une ligne droite de 8 pouces, comme celle que j'ai marquée A B (*) qui contienne préciſément 8 pouces du pied du Rhin dont on ſe ſert partout en Allemagne. Alors autant de fois l'on veut groſſir l'objet, il faut partager cette ligne A B en autant de parties égales, dont une donnera la diſtance de foyér du verre demandé. Ainſi ſi l'on veut groſſir cent fois; la particule A 1 eſt la centieme partie de la ligne A B proconſequent il faut faire un verre, dont la diſtance de foyer ſoit préciſement égale à cette partie A 1, qui donnera en même tems le rayon des faces de ce verre qui eſt ici répréſenté.

1



B

Q 3 V. A.

(*) Dans l'impoſſibilité de répreſenter ici une ligne droite, de huit pouces, on en a mis une qui ne contient que la moitié ou quatre pouces.

V. A. voit par là, que plus l'effet eſt grand, plus le verre doit être petit, de même que ſa diſtance de foyer à la quelle il faut mettre l'objet O P devant le verre, en appliquant l'oeil par derriere; & ſi l'on faiſoit le verre deux fois plus petit, que je l'ai ici deſigné, pour groſſir deux cent fois, le verre deviendroit ſi petit, qu'il faudroit preſque un microſcope, pour voir le verre lui même; auſſi faudroit il s'approcher ſi près qu'on toucheroit preſque le verre, ce qui eſt, ſans doute, un très grand inconvenient, comme j'ai deja eu l'honneur de l'obſerver: deſorte qu'on ne ſauroit à peine pouſſer l'effet du microſcope au delà de deux cent fois, ce qui ne ſuffit pas pour voir les plus petites choſes que la nature renferme. L'eau la plus claire contient des petits animalcules, qui quoiqu'on les voye groſſis 200 fois ne laiſſent pas de paroitre comme des puces, & il faudroit avoir des microſcopes, qui groſſiſſent 20000 fois pour les voir dans la grandeur d'un rat, or il s'en faut beaucoup qu'on atteigne ce degrê, même avec les microſcopes compoſés.

Mais outre les inconveniens des microſcopes ſimples, que je viens de remarquer, lorsqu'on demande de très grands effets, tous ceux qui ſe ſervent de ces inſtrumens, ſe plaignent encore d'un autre, qui n'eſt pas moins facheux, c'eſt que plus on groſſit les objets plus ils paroiſſent obſcurs, & il ſemble qu'on les voit à la lueur d'une très foible lumiere, ou même au clair de la Lune, de ſorte qu'on n'y ſauroit preſque rien diſtinguer. V. A.

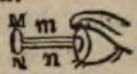
n'en ſera pas ſurpriſe, lorsqu'elle voudra ſe ſouvenir, que la lumiere de la pleine Lune eſt au delà de deux cent mille fois plus foible que celle du ſoleil. C'eſt donc un article bien important d'expliquer d'où vient cette diminution de lumiere? on comprend aiſément, que ſi les rayons, qui viennent d'un très petit objet, nous le doivent répréſenter, comme s'il étoit beaucoup plus grand cette petite quantité de lumiere ne ſauroit être ſuffiſante: cependant quelque fondée que paroiſſe cette raiſon elle n'eſt pas valable, & ne fait que nous éblouïr ſur cette queſtion. Car ſi le verre en groſſiſſant d'avantage, entraine après lui néceſſairement une diminution de clarté, on devroit auſſi s'en appercevoir dans les moindres effets, à ſuppoſer même que ce ne fut pas à un ſi haut degré; mais on peut groſſir jusqu'à 50 fois, ſans qu'on s'apperçoive de la moindre diminution de lumiere, qui cependant devroit être 50 fois plus foible, ſi la raiſon alleguée étoit juſte. Il faut donc chercher ailleurs la cauſe de ce phénomene & il faut même remonter aux premiers principes de la viſion.

A cette occaſion qu'il plaiſe à V. A. de ſe rappeller, ce que j'ai eu l'honneur de lui dire ſur l'uſage de la pupille, ou bien de ce trou noir, qu'on voit ſur le milieu de l'iris dans l'oeil. C'eſt par cette ouverture que les rayons entrent dans les yeux; & ainſi plus cette ouverture eſt grande, plus il entre de rayons. Il faut ici conſiderer deux cas où les objets ſont fort lumineux & brillants, & où ils ne ſont

éclairés que d'une lumiere fort foible. Dans le premier cas la pupille ſe contracte elle même, ſans que notre volonté le commande, & le Créateur la pourvût de cette faculté, pour préſerver l'interieur de l'oeil du trop grand éclat de la lumiere, qui bleſſeroit infailliblement les nerfs. Donc toutes les fois qu'on ſe trouve dans un lieu fort éclairé on voit que toutes les pupilles ſe rétreciſſent, pour ne laiſſer entrer dans les yeux qu'autant de rayons, qu'il en faut pour y dépeindre une image aſſés lumineuſe. Mais le contraire arrive, lorsqu'on ſe trouve dans un lieu ſombre, alors la pupille s'agrandit pour recevoir la lumière en plus grande quantité. Il eſt fort aiſé de remarquer ce changement toutes les fois, qu'on paſſe d'un lieu obſcure dans un lieu fort éclairé. Pour le ſujet dont il s'agit ici, je me borne à cette circonſtance, que plus il entre de rayons dans l'oeil, plus l'image qui eſt portée ſur la Rétine ſera lumineuſe; & réciproquement plus la quantité de rayons qui entrent dans l'oeil, eſt petite, plus auſſi l'image dans l'oeil devient foible, & paroit par conſéquent plus obſcure. Or il peut arriver qu'il n'entre que fort peu de rayons dans l'oeil, quoique la pupille ſoit bien ouverte, on n'a qu'à faire avec un épingle un petit trou dans un carton, & regarder quelqu'objet, alors quelque éclairé qu'il ſoit du Soleil, il paroitra d'autant plus ſombre que le trou eſt plus petit, & par un trou ſemblable, on peut même regarder le Soleil. La

raiſon

raiſon en eſt bien évidente, puiſqu'il n'entre dans l'oeil que fort peu de rayons: quelque ouverte que ſoit la pupille, c'eſt le trou du carton qui détermine la quantité de lumiere qui entre dans l'oeil, & non la pupille, qui fait ordinairement cette fonction.



Il arrive la même choſe dans les microſcopes qui groſſiſſent beaucoup, car lorsque le verre eſt extrememement petit, il n'y paſſe qu'une fort petite quantité de rayons comme *m n*, laquelle étant plus petite que l'ouverture de la pupille, l'objet en doit paroitre d'autant plus obſcure; par là on voit que cette diminution de lumière n'arrive, que lorsque le verre M N ou plutot ſa partie ouverte eſt plus petite que la pupille. S'il étoit poſſible de produire un grand groſſiſſement par le moyen d'un verre plus grand, cet obſcurciſſement n'auroit pas lieu, & c'eſt la véritable explication de la queſtion propoſée. Mais pour rémédier à cet inconvénient dans les grands effets du microſcope, on tâche d'éclairer l'objet autant qu'il eſt poſſible, pour rendre plus fort le peu de rayons qui eſt porté à l'oeil. Pour cet effet on éclaire les objets par le ſoleil même, & on ſe ſert auſſi de miroirs qui y renvoyent la clarté du ſoleil. Ce ſont à peu près toutes les circonſtances, qu'on a à conſidérer dans les microſcopes ſimples, & V. A. jugera par là aiſément de l'effet de tous ceux qu'elle aura occaſion de voir.

le 30 Janvier 1762.

LETTRE CCIII.

Avant que d'expliquer la conſtruction des microſcopes compoſés, j'eſpere qu'une digreſſion ſur les lunettes ou teleſcopes ne déplaira point à V. A. Ces deux eſpeces d'inſtrumens ſont parfaitement liés enſemble : l'un ſert à mieux éclaircir l'autre. Comme les microſcopes ſervent à conſidérer les objets voiſins, en nous les répréſentant ſous un angle beaucoup plus grand, que ſi nous les regardions à une certaine diſtance comme de 8 pouces, l'autre eſpèce eſt deſtinée, à nous mieux découvrir les objets fort éloignés, en nous les répréſentant ſous un plus grand angle, qu'à la vûe ſimple. Ces inſtrumens portent pluſieurs noms, tant ſelon leur groſſeur, que ſelon leur deſtination ; les plus petits ſont nommés lunettes de poche, d'autres plus grandes ont le même nom, qu'il faut bien diſtinguer des lunettes, que les vieillards portent ſur le nés. Ceux dont ſe ſervent les Aſtronomes, ſont nommés Tubes ; or le nom général de tous eſt celui de Telescopes. Ce ſont donc de tels inſtrumens, qui nous répréſentent les objets fort éloignés ſous un plus grand angle qu'ils paroiſſent à la vûe ſimple ; cette définition eſt très juſte & ne renferme rien d'arbitraire, comme celle des microſcopes, dont l'effet eſt rapporté à une certaine diſtance arbitraire, qu'on ſuppoſe communément de 8 pouces.

Mais lorſqu'il s'agit d'objets fort éloignés, dont la diſtance eſt trop grande pour nôtre vûë, l'effet ſe rapporte très naturellement à la même diſtance, & un teleſcope groſſit autant de fois, qu'il

qu'il nous répréſente les objets ſous un plus grand angle, qu'à la vûe ſimple. Par exemple, la lune paroit à la vûe ſimple ſous un angle d'un demi degré; par conſequent un teleſcope groſſit 100 fois, lorsqu'il nous répréſente la lune ſous un angle de 50 degrés qui eſt 100 fois plus grand qu'un demi degré; s'il groſſiſſoit 200 fois, il feroit voir la lune ſous un angle de 100°; & ainſi la lune paroitroit remplir plus de la moitié du ciel viſible, dont toute l'etenduë n'eſt que de 180 degrés.

Communément on dit, que les Teleſcopes nous approchent les objets, ce qui eſt une maniere de parler fort équivoque, qui admet deux ſignifications differentes. L'une eſt que voyant par un teleſcope, nous jugeons les objets autant de fois plus proches de nous, que le Teleſcope groſſit. Mais j'ai deja eu l'honneur de faire remarquer à V. A. que nous ne ſaurions connoitre les diſtances des objets, que par le jugement, & que ce jugement ne ſaroit avoir lieu que dans les objets peu éloignés; donc lorsque les objets ſont auſſi éloignés, que nous le ſuppoſons ici, un tel jugement ſur les diſtances tromperoit beaucoup. L'autre ſignification eſt plus conforme à la vérité, quand on entend que les téleſcopes nous répréſentent les objets auſſi grands que nous les verrions, ſi nous en approchions d'avantage. Car V. A. ſait, que plus on s'approche d'un objet, plus l'angle, ſous le quel il paroit, devient grand & ainſi cette explication revient à celle, que j'ai donnée au commencement. Cependant lorsqu'on regarde

des

des objets fort connus, comme des hommes dans un grand éloignement, & qu'on les voit par une lunette ſous un angle beaucoup plus grand, alors on eſt porté à s'imaginer, que ces hommes ſont actuellement beaucoup plus proches, puiſqu'on les verroit alors effectivement ſous un angle d'autant plus grand. Mais lorsqu'il s'agit d'objets peu connus comme du ſoleil & de la lune, alors aucune eſtime de diſtance ne ſauroit avoir lieu. Ici le cas eſt tout à fait different de celui, donc j'ai eu l'honneur de parler à V. A. où un verre concave, dont ſe ſervent ceux qui ont la vüe courte, répréſente les images des objets à une fort petite diſtance: par exemple le verre concave, dont je me ſers me répréſente les images de tous les objets éloignés à la diſtance de 4 pouces; cependant je ne m'imagine point que le ſoleil, la lune & les etoiles ſoient ſi près de moi; ainſi nous ne jugeons pas les objets là où ſe trouvent leurs images repreſentées par les verres: nous le croyons auſſi peu que l'exiſtence des objets dans nos yeux quoique leurs images y ſoient dépeintes: & V. A ſe ſouviendra bien, que le jugement ſur la véritable diſtance des objets, de même que celui ſur leur véritable grandeur, dépend de circonſtances toutes particulieres.

Le but principal des Téleſcopes eſt donc de groſſir ou de multiplier l'angle ſous lequel les objets parroiſſent à la vüe ſimple; & delà la diviſion principale des téleſcopes ſe fait ſelon l'effet qu'ils procurent; de ſorte qu'on dit, que tel teleſcope groſſit

groſſit 5 fois, un autre 10 fois, un autre 20 fois ou 30 fois & ainſi de ſuite. Là deſſus, je remarque que les lunettes de poche groſſiſſent rarement au delà de 10 fois; mais les lunettes ordinaires dont on ſe ſert pour examiner les objets terreſtres fort éloignés, groſſiſſent depuis 20 jusqu'à 30 fois & leur longueur monte jusqu'à 6 pieds & au delà. Un effet pareil, quoique très conſiderable par rapport aux objets terreſtres, eſt encore peu de choſe pour les corps celeſtes qui demandent un effet beaucoup plus grand. Ainſi on a des Lunettes Aſtronomiques ou des Tubes, qui groſſiſſent depuis 50 fois jusqu'à 200 fois, & il paroit difficile d'aller plus loin, puisque ſelon la maniere ordinaire de les conſtruire, plus l'effet eſt grand plus ces lunettes deviennent longues. Une telle lunette qui doit groſſir 100 fois a deja 30 pieds de longueur, & une de 100 pieds peut à peine groſſir 200 fois. Par là V. A. comprend que la difficulté de diriger & manier de telles machines met des obſtacles inſurmontables à pouſſer l'experience plus loin. Le fameux Hevelius Aſtronome de Dantzig ſe ſervoit de tubes de 200 pieds, mais il faut que ces inſtrumens ayent été fort defectueux, puisqu'aujourd'huy, on découvre les mêmes choſes par de beaucoup plus courts.

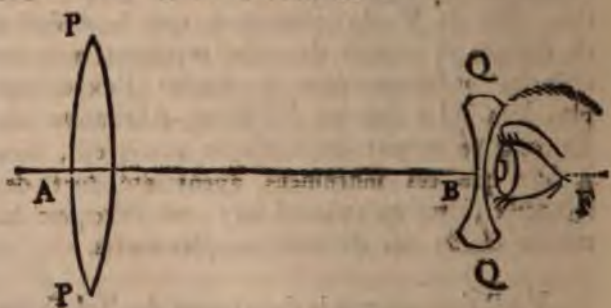
Voilà donc en gros la deſcription des Teleſcopes & de leurs diverſes eſpeces, qu'il eſt bon de bien remarquer, avant que d'entrer dans le détail de leur conſtruction, & de la maniere dont on y joint

joint deux ou plusieurs verres pour produire tous les differens effets.

le 2 Fevr. 1762.

LETTRE CCIV.

On ne sait pas trop à qui nous sommes redevables de la découverte des Telescopes, si c'est à un Artisan Hollandois, ou à un Italien nommé Porta. Quoiqu'il en soit, il y a à peu près 150 ans qu'on à commencé à faire de petites lunettes de poche, composé de deux verres, dont l'un étoit convexe & l'autre concave. Il semble que le pur hasard est le seul à qui l'on soit redevable d'une découverte si utile. On a pu, sans aucun dessein, ou rapprocher ou éloigner deux verres jusqu'à ce que les objets ont paru distinctement.

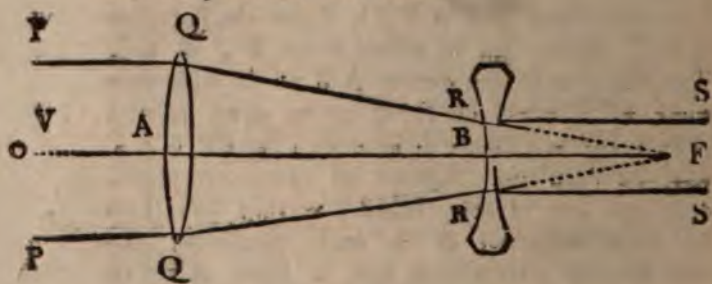


Le verre convexe P A P est dirigé vers l'objet & c'est au verre concave Q B Q qu'on

qu'on applique l'oeil, par cette raiſon le verre P A P eſt nommé l'objectif & le verre Q B Q l'oculaire. Ces deux verres ſont diſpoſés ſur le meme axe A B, qui eſt perpendiculaire ſur l'un & l'autre verre, & paſſe par le milieu La diſtance de foyer du verre convexe PAP doit être plus grande que celle du verre concave, & les verres doivent être diſpoſés enſorte que ſi A F eſt la diſtance du foyer de l'objectif P A P, le foyer de l'oculaire Q B Q tombe dans le même point F, & ainſi l'intervalle entre les verres A B eſt la difference entre les diſtances de foyer de ces deux verres; A F étant la diſtance de foyer de l'objectif & B F celle de l'oculaire. Quand les verres ſont placés, ceux qui ont la vüe bonne, verront fort bien les objets éloignés, & ils leurs paroitront autant de fois plus grands que la ligne A F eſt plus grande que B F. Ainſi prenant la diſtance de foyer de l'objectif de 6 pouces, & celle de l'oculaire de 1 pouce, les objets ſeront groſſis 6 fois, ou paroitront ſous un angle ſix fois plus grand qu'à la vüe ſimple, & dans ce cas l'intervalle entre les verres A B ſera de 5 pouces ce qui eſt en même tems la longueur de la lunette. V. A. ſent bien, ſans que je lui diſe, que ces deux verres ſont enchaſſés dans un tuyau de la même longueur, quoique je ne l'aye pas exprimé dans la figure.

Après avoir expoſé, de quelle maniere les deux verres doivent être joints enſemble, pour qu'il en réſulte un bon inſtrument, il y a deux choſes que je dois

dois faire remarquer à V. A. l'une, pourquoi ces verres nous répréſentent diſtinctement les objets, & l'autre pourquoi ils paroiſſent autant de fois groſſis, que la ligne A F ſurpaſſe la ligne B F. Par rapport à la premiere, il faut remarquer, qu'une bonne vuë voit mieux les objets, lorsqu'ils ſont ſi éloignés, qu'on puiſſe regarder les rayons, qui tombent dans l'oeil, comme paralleles entr'eux.



Conſiderons donc un point V dans l'objet, vers lequel eſt dirigé la lunette & püisqu'on le ſuppoſe fort éloigné, les rayons qui tombent ſur l'objectif, P Q, O A P Q ſeront presque paralleles entr'eux, & ainſi l'objectif Q A Q étant un verre convexe, le reunira dans ſon foyer F, deſorte que ces rayons étant convergens ne conviendroient point à une bonne vuë. Or le verre concave en B ayant le pouvoir de rendre les rayons plus divergens, ou de diminuer leur convergence, rompra les rayons Q R & Q R enſorte qu'ils deviendront paralleles entr'eux, ou bien, au lieu de ſe réunir en F ils prendront

la

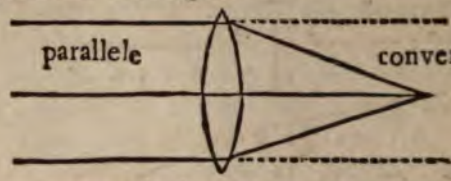
la route RS, RS parallele à l'axe BF; & ainſi une bonne vuë, ſur laquelle on ſe regle toujours dans la conſtruction de ces inſtrumens, en recevant ces rayons paralleles RS, BF, RS verra diſtinctement l'objet. Or la raiſon pourquoi les rayons RS, RS deviennent préciſement paralleles entr'eux, eſt que le verre concave a ſon foyer, ou plutot ſon point de diſperſion, en F.

V. A. n'a qu'à ſe ſouvenir que lorsque les rayons paralleles tombent ſur un verre concave, ils deviennent par la réfraction divergens, en ſorte, qu'étant continués en arriere, ils ſe rendent dans le foyer. Cela poſé nous n'avons qu'à renverſer le cas, & regarder les rayons SR, SR, comme incidens ſur le verre concave, alors il eſt certain, qu'ils prendront les routes RQ, RQ, qui étant continuées en arriere ſe rendent au point F, où eſt le foyer commun des verres convexe & concave. Maintenant c'eſt une loi générale, que de quelque maniére que les rayons ſoient rompus, en allant d'un lieu à un autre, ils doivent toujours ſouffrir les mêmes réfractions, en retournant du dernier lieu au premier. Donc ſi aux rayons incidens SR, SR, répondent les rayons réfractés RQ, RQ, alors réciproquement, ſi les rayons QR, QR ſont les incidens, les réfractés ſeront RS & RS.

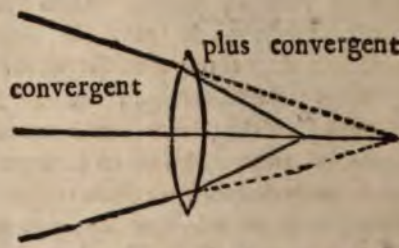
La choſe deviendra peut-être encore plus claire quand je dirai, que les verres concaves ont le pouvoir de rendre paralleles ces rayons qui ſans la réfraction ſe rendoient dans leurs foyers. Ou bien V. A. n'a qu'à bien ſaiſir les regles ſui-

vantes ſur la réfraction, tant des verres con vexes que des concaves.

I. Par un verre convexe les rayons parallel deviennent convergens.

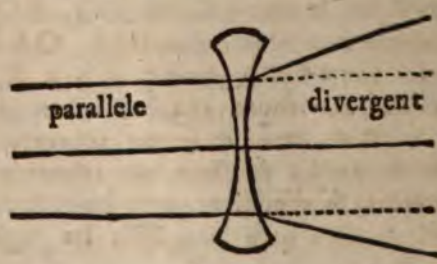


Les convergens deviennent encore plus conve gens.

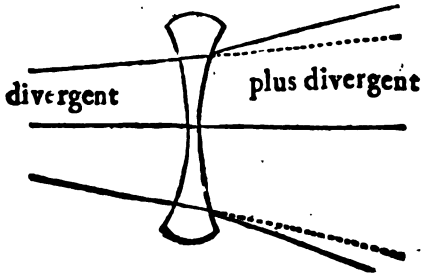


Or les divergens deviennent moins divergens

II. Par un verre concave les rayons parall les deviennent divergens.



Les divergens deviennent encore plus divergens.



Or les convergens deviennent moins convergens.

Tout cela eſt fondé ſur la nature de la réfraction & de la figure des verres dont le détail demanderoit des diſcuſſions trop longues, & outre cela les deux regles que je viens de rapporter en renferment l'eſſentiel. Par là il eſt donc ſuffiſament prouvé, que lorsque le verre convexe & le verre concave ſont joints de façon qu'ils acquierent un foyer commun en F, les objets éloignés en ſeront répréſentés diſtinctement, puisque le parallelisme entre les rayons, eſt rétabli par le verre concave, après que le verre convexe les a rendus convergens. Ou bien les rayons des objets fort éloignés étant presque paralleles entr'eux, deviennent convergens par les verres convexes, & en ſuite le verre concave détruit cette convergence, & rend les rayons de nouveau paralleles entr'eux.

le 6 Fevrier 1762.

LETTRE CCV.

Il me reſte encore à faire voir à V. A. l'article principal ſur les lunettes; c'eſt celui qui regarde leur effet, en groſſiſſant les objets. J'eſpere de le mettre dans un tel jour, que toute eſpece de doute ſera diſſipé: pour cet effet je renfermerai ce que j'ai à dire dans les propoſitions ſuivantes. La figure ſe trouve ſur une feuille ſeparée, à la page 266.

I. Soit E *e* l'objet ſitué ſur l'axe de la lunette qui traverſe les deux verres perpendiculairement par leurs milieux. Or il faut conſiderer cet objet E *e* comme infiniment éloigné.

II. Donc ſi l'oeil placé en A regarde cet objet, il le verra ſous l'angle E A *e*, nommé ſon angle viſuel. Et ainſi il faut prouver qu'en regardant ce même objet par la lunette, il paroitra ſous un plus grand angle, & exactement autant de fois plus grand que la diſtance de foyer du verre objectif P A P ſurpaſſe celle de l'oculaire Q B Q.

III. Comme l'effet de tous les verres conſiſte à répréſenter les objets dans un autre lieu, & avec une certaine grandeur, nous n'avons qu'à examiner les images, qui ſeront ſucceſſivement répréſentées par les deux verres; dont la derniere eſt l'objet immediat de la vûe de celui qui regarde dans la lunette.

IV.

IV. Or l'objet E*e* étant infiniment éloigné du verre convexe PAP, ſon image ſera répréſentée derriere le verre en F*f*, deſorte que AF ſoit égal à la diſtance de foyer du verre; & la grandeur de cet image F*f* eſt déterminée par la ligne droite *f*A*e* tirée de l'extrêmité de l'objet *e* par le milieu du verre A, par où l'on voit que cette image eſt renverſée & autant de fois plus petite que l'objet, que la diſtance AF eſt plus petite que la diſtance AE.

V. Maintenant cette image F*f* tient lieu de l'objet, par rapport au verre oculaire QBQ; puisque les rayons qui tombent ſur ce verre ſont ceux mêmes qui voudroient presque former l'image F*f*, mais qui ſont interceptés dans leur route par le verre concave QBQ: de ſorte que cette image n'eſt qu'imaginaire; l'effet en eſt cependant le même, que ſi elle étoit réelle.

VI. Cette image F*f*, que nous regardons à préſent comme un objet, ſe trouvant à la diſtance de foyer du verre QBQ. ſera transportée presque à l'infini par la réfraction de ce verre. La figure précédente marque cette nouvelle image en G*g*, dont la diſtance AG doit être conçüe comme infinie, & les rayons réfractés pour la ſeconde fois par le verre QBQ, tiendront la même route, comme s'ils venoient effectivement de l'image G*g*.

VII. Cette ſeconde image G*g* étant donc l'objet de celui qui regarde par la lunette, on en doit conſiderer la grandeur. Pour cet effet puiſqu'elle nait de la premiere image F*f* par la refraction du verre QBQ, ſuivant la regle générale, on n'a qu'à tirer par le milieu du verre B une ligne droite, qui paſſe par *f* de la premiere image, & la ligne marquera en *g* l'extrémité de la ſeconde image.

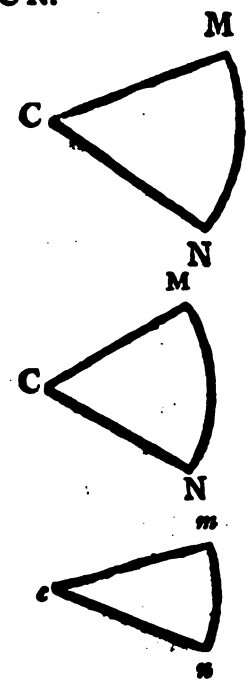
VIII. Que le ſpectateur tienne à préſent ſon oeil en B; & puisque les rayons qu'il reçoit tiennent la même route, comme s'ils venoient effectivement de l'image G*g*, elle lui paroitra ſous l'angle G B *g*, qui eſt viſiblement plus grand, que l'angle E A *e* ſous lequel l'objet E *e* paroit à la vûe ſimple.

IX. Pour mieux comparer ces deux angles, il eſt d'abord clair que l'angle E A *e* eſt égal à l'angle F A *f* qui lui eſt oppoſé par la pointe, de la même maniere l'angle G B *g* eſt égal à l'angle F B *f* puisqu'ils ſont auſſi oppoſés par la pointe en B. Il s'agit donc de prouver que l'angle F B *f* ſurpaſſe l'angle F A *f* autant de fois que la ligne A F ſurpaſſe la ligne B F, dont celle-là A F eſt la diſtance de foyer de l'objectif & celle-cy B F la diſtance de foyer de l'oculaire.

X. Pour prouver cela, il faut recourir à certaines propoſitions tirées de la Géometrie ſur la nature des ſecteurs V. A. ſe ſouviendra qu'un ſecteur eſt une partie d'un cercle renfermée entre deux rayons. C M & C N, &

un

un arc ou portion de la circonference M N. Et ainſi dans un ſecteur il y a trois choſes à conſiderer 1°. le rayon du cercle C M ou C N; 2°, la quantité de l'arc M N; & 3°. l'angle M C N.



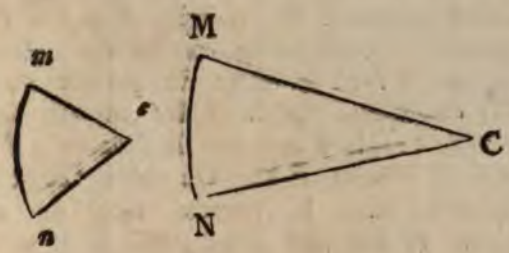
XI. Conſiderons maintenant deux ſecteurs M C N & *m c n* dont les rayons C M & *c m* ſoient égaux entr'eux, & ils eſt prouvé dans les élemens de Géometrie, que les angles C & *c* tiennent entr'eux le même rapport, que les

lieu de cette façon
on ſe ſert de celle
proportionels aux
rayons ſont égaux

XII. Conſiderons auſſi
m c n, dont les angl
entr'eux, mais les ray
prouvé dans la Géom
eſt autant de fois plus
que le rayon C M eſ
ou bien on dit, que
nels aux rayons, lorsqu
La raiſon en eſt eviden
contient autant de dé

& que les dégrés d'un grand cercle, ſont plus grands que ceux d'un petit cercle, autant de fois que le grand rayon ſurpaſſe le petit.

XIII. Conſiderons enfin auſſi le cas, où dans les deux ſecteurs M C N & *m c n* les arcs ſont égaux entr'eux ſavoir M N = *m n* & les rayons C M & *c m* inégaux.



Dans ce cas l'angle C qui répond au grand rayon C M eſt plus petit, & l'angle *c* qui répond au petit rayon *c m* plus grand, & cela dans le même rapport que les rayons. Ou bien l'angle *c* eſt autant de fois plus grand que l'angle C, que le rayon C M eſt plus grand que le rayon *c m*: ou bien pour parler en géométre, les angles ſont réciproquement proportionels aux rayons, lorsque les arcs ſont égaux.

XIV. Cette derniere conſidération me conduira à mon but, en y ajoutant cette réflexion, que lorsque les angles ſont fort petits comme cela arrive dans les lunettes de poches, alors les arcs M N & *m n* ne different pas ſenſiblement de leurs cordes, ou des lignes droites M N & *m n*.

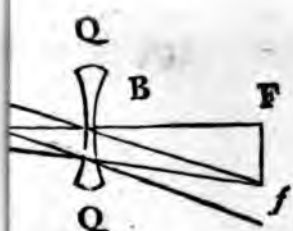
XV. Cela remarqué, retournons à la figure du commencement, les triangles F A*f* & F B*f* peuvent être conſiderés comme des ſecteurs, où l'arc F*f* eſt le même de part & d'autre. Par conſequent l'angle F B*f* ſurpaſſe autant de fois l'angle F A*f* que la diſtance A F ſurpaſſe la diſtance B F. Ou bien l'objet E*e* paroitra dans la lunette ſous un angle autant de fois plus grand, que la diſtance de foyer de l'objectif A F, ſurpaſſe la diſtance de foyer de l'oculaire B F, ce qu'il faloit démontrer.

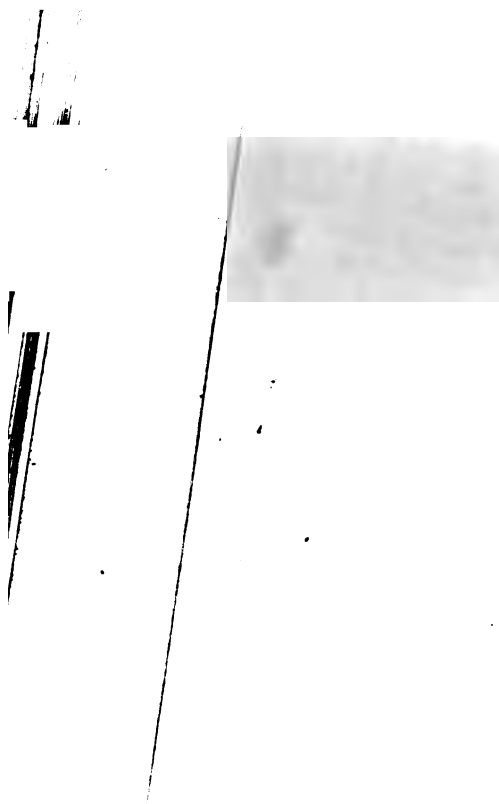
le 9 Fevr. 1762.

LETTRE CCVI.

V. A. comprend aiſement qu'on ne ſauroit prétendre de trop grands avantages de ces petites lunettes & j'ai deja remarqué, qu'elles ne groſſiſſent les objets que de 10 fois. Si on vouloit

e
p


Q
B
F
Q
f



vouloit pouſſer leur force plus loin, non ſeulement la longueur en deviendroit trop grande, pour pouvoir les porter dans la poche, mais il y auroit encore d'autres défauts plus eſſentiels, aux quels elles ſeroient ſujettes; ce qui a obligé les Artiſtes de renoncer tout à fait à cette eſpece de lunettes, dès qu'on demande de plus grands effets.

Le principal de ces défauts conſiſte dans la petiteſſe du champ apparent, ce qui me conduit à expliquer à V. A. cet article important qui regarde toutes les lunettes. Quand on dirige un Teleſcope ou une lunette vers le ciel, ou vers d'autres objets fort éloignés ſur la terre, l'eſpace qu'on decouvre paroit ſous la figure d'un cercle, & on ne voit que les objets, qui ſe trouvent dans cette eſpace; de ſorte que ſi l'on veut voir d'autres objets, il faut changer la poſition de l'inſtrument. Cet eſpace circulaire, qui ſe préſente aux ſpectateurs, eſt nommé le *champ apparent*, ou ſimplement le champ de l'inſtrument: & V. A. conviendra aiſément, que c'eſt un grand avantage, lorsque ce champ eſt fort grand, & qu'un très petit champ eſt au contraire un grand défaut dans ces ſortes d'inſtrumens Conſidérons deux lunettes, qu'on ait dirigées vers la lune, & que par l'une on n'en découvre que la moitié, pendant que par l'autre on la voit toute entière avec les étoiles voiſines; le champ de celle-cy eſt donc beaucoup plus grand, que celui de celle là. Celle qui préſente un plus grand champ, nous diſpenſe non ſeulement de l'embarras de changer ſi ſouvent de poſition,

position, mais on jouit auſſi d'un avantage très grand qui eſt, qu'en voyant en même tems pluſieurs parties de l'objet, on les peut comparer entr'elles.

C'eſt donc une des plus grandes perfections d'une lunette ou d'un teleſcope lorsqu'il donne un plus grand champ ; par cette raiſon il eſt très interreſſant de méſurer le champ de tous ces inſtrumens. Dans cette vûe on ſe règle ſur le ciel, & on détermine l'eſpace circulaire qu'on voit à travers une lunette en méſurant le diamétre en dégrès & minutes, ainſi comme le diamétre apparent de la pleine lune eſt environ d'un demi dégré, ſi une lunette ou un teleſcope ne découvre que la lune, on dit que le diamétre de ſon champ eſt d'un demi dégré : ſi l'on ne voyoit à la fois que le quart de la lune, le diamétre du champ ſeroit un quart de dégré.

La méſure des angles nous fournit donc le moyen de méſurer le champ apparent, & la choſe eſt d'ailleurs claire d'elle même. Suppoſons dans la figure ci-jointe que par l'inſtrument AB on ne voye que l'eſpace POP, & les objets qui y ſont contenus. Cet eſpace étant un cercle, ſon diamétre ſera la ligne POP dont le milieu O ſe trouve dans l'axe de l'inſtrument. Tirant donc des extrêmités P P les lignes droites PC, PC, l'angle PCP exprime le diamétre du champ apparent & la moitié de cet angle OCP, eſt nommée le demi-diamétre du champ apparent. Delà V. A. comprendra parfaitement, ce qu'on doit entendre, lorsqu'on dit que le diametre du champ apparent d'un tel inſtrument eſt de 1 dégré, que celui d'un autre eſt de 2 dégrés

dégrés &c. ou bien en le marquant par minutes, de 30 minutes, qui font un demi dégré, ou de 15 minutes, qui font un quart de dégré.

Mais pour bien juger du merite d'une lunette ou d'un teleſcope, par rapport au champ apparent il faut auſſi avoir égard au groſſiſſement de l'inſtrument, où cette maxime à généralement lieu, que plus un téleſcope ou une lunette groſſit, plus le champ apparent doit néceſſairement être petit; ce ſont des bornes que la nature même preſcrit, Concevons un ſemblable inſtrument qui groſſit 100 fois; il eſt évident que le diamétre du champ ne ſauroit être de 2 dégrés: car puisque cet eſpace nous paroitroit 100 plus grand, il reſſembleroit à un eſpace de 200 dégrés, & ainſi plus grand que le ciel tout entier qui d'un bout à l'autre ne contient que 180 degrés, & donc nous ne ſaurions découvrir à la fois que la moitié tout au plus, ou bien un eſpace circulaire de 90 dégrés en diamétre: par là V. A. voit qu'un teleſcope qui groſſit 100 fois ne nous ſauroit même découvrir un champ d'un dégré: vûque ce dégré multiplié 100 fois, ſeroit plus que 90 degrés, & ainſi une ſemblable lunette qui groſſit 100 fois, ſeroit excellente ſi le diamétre de ſon champ étoit un peu moindre d'un dégré: & la nature même de l'inſtrument ne ſouffre pas un effet plus grand.

Mais une autre lunette ou un teleſcope, qui ne groſſiroit que 10 fois ſeroit bien défectueux, s'il ne decouvroit qu'un champ d'un dégré en diamétre; puisque ce champ étant multiplié 10 fois, ne reſſembleroit qu'à un eſpace

de 10 dégrés dans le ciel, ce qui ſeroit bien peu de choſe, & borneroit trop notre vüe: nous aurions grande raiſon de rejetter tout à fait un tel inſtrument; il ſera donc fort aiſé, par rapport au champ apparent, de juger de l'excellence ou du défaut de ces ſortes d'inſtrumens, quand on a égard à leur effet. Ainſi lorsqu'il ne groſſit que 10 fois, on peut bien conjecturer, qu'il découvre un champ de 9 dégrés, puisque 9 dégrés pris 10 fois ſont 90 dégrés, que notre vüe eſt capable d'embraſſer, & ſi le diamétre de ſon champ n'étoit que de 5 dégrés ou encore plus petit, ce ſeroit toujours un inſtrument fort défectueux. Or j'aurai l'honneur de prouver à V. A. que ſi l'on vouloit faire de cette eſpece des lunettes, dont j'ai donné la deſcription, qui groſſiroient plus de 10 fois, ils auroient ce défaut, & que leur champ apparent multiplié par le groſſiſſement ſeroit fort au deſſous de 90 degrés, & ne montreroit pas même la moitié. Mais pour de moindres effets, ce défaut n'eſt pas ſi ſenſible, car ſi une telle lunette ne groſſit que 5 fois, le diamétre de ſon champ eſt environ de 4 degrés qui étant groſſi 5 fois, reſſemble à un eſpace de 20 dégrés, dont on veut bien être content: mais ſi l'on vouloit groſſir 25 fois, le diamétre du champ ne ſeroit que d'un demi dégré, qui étant pris 25 fois, ne donneroit que 12 dégrés ce qui ſeroit trop peu. Par cette raiſon quand on veut groſſir beaucoup, il faut ſe ſervir d'autres arrange-

rangemens de verres, que je prendrai la liberté d'expliquer dans la ſuite.

le 13 Fevr. 1762.

LETTRE CCVII.

Le jugement ſur le champ apparent étant de la plus grande importance dans la conſtruction des Teleſcopes & Lunettes, j'en vais faire l'application aux petites lunettes ſur les quelles j'ai eu deja l'honneur d'entretenir V. A.

Dans cette figure le verre P A P eſt l'objectif, Q P Q l'oculaire & la droite E F l'axe de la lunette, ſur lequel à une diſtance très grande ſe trouve l'objet E *e*, vû par l'inſtrument ſous l'angle E A *e* qui répréſénte le demi diamétre du champ apparent, puiſqu'il s'étend autant de l'autre coté en bas. Le point E eſt donc le centre de l'eſpace vu par la lunette, dont le rayon E A, puiſqu'il traverſe perpendiculairement les deux verres, ne ſouffre aucune réfraction; & ainſi pour que ce rayon entre dans l'oeil, il faut fixer l'oeil quelque part ſur l'axe de la lunette B F, derriere l'oculaire, en ſorte que le centre de la prunelle ſe trouve dans la ligne B F, ce qui eſt une regle générale pour toutes les lunettes. Conſiderons à préſent l'extrêmité viſible de l'objet *e*, dont les rayons rempliſſent exactement toute l'ouverture du verre objectif P A P, mais il ſuffira de n'en conſiderer que le rayon E A, qui paſſe par le milieu de l'objectif A, puiſque les

les autres rayons l'entourent & ne font presque que renforcer ce rayon, de sorte que si ce rayon entre dans l'oeil, les autres, ou au moins une bonne partie y entrent aussi, & si ce rayon n'entre point dans l'oeil, quoique peut être quelques uns des autres y entrent, ils sont trop foibles pour exiter dans l'oeil une impression assés vive. Et ainsi nous pourrons fixer cette regle, que l'extrêmité *e* de l'objet n'est vûe, qu'entant que le rayon *e* A, après avoir passé les deux verres, entre dans l'oeil.

Tout bien considéré il faut donc éxaminer avec soin la route de ce rayon *e* A. Or premierement puisque ce rayon passe par le milieu de l'objectif A, il n'y souffre aucune réfraction; conformément à la regle établie au commencement, que les rayons, qui passent par le milieu d'un verre quelconque, ne sont pas détournés de leur route, ou ne souffrent point de réfraction. Donc ce rayon *e* A après avoir passé par l'objectif, continueroit la même route pour se réunir avec les autres rayons sortis du même point *e*, au point *f* de l'image répresentée par l'objectif en F*f*, le point *f* étant l'image du point *e* de l'objet: mais le rayon rencontrant en *m* le verre concave hors de son milieu, sera détourné de cette route & au lieu d'aboutir en *f* il prendra sa route en *m n* plus divergent de l'axe B F, comme c'est l'effet naturel des verres concaves de rendre les rayons toujours plus divergens. Pour connoitre cette nouvelle route *m n*, que V. A. veuille bien se souvenir, que le verre ob-

objectif répréſente l'objet E*e* dans une ſituation renverſée en F*f*, deſorte que A F eſt égale à la diſtance du foyer de ce verre, qui transporte l'objet E*e* en F*f*. Alors cette image F*f* tient lieu de l'objet à l'égard du verre oculaire QBQ, qui à ſon tour, le transporte de nouveau en G*g*, dont la diſtance B G doit être auſſi grande, que celle de l'objet même ; & pour cet effet, il eſt neceſſaire de placer l'oculaire de ſorte que l'intervalle B F ſoit égal à ſa diſtance du foyer.

Pour la grandeur de ces images, la premiere F*f* eſt déterminée par la droite *e* A *f*, tirée de *e* par le milieu A du premier verre ; & l'autre G*g* par la droite *f* B*g*, tirée du point *f* par le milieu B du ſecond verre. Cela marqué, le rayon A*m* dirigé vers le point *f* eſt réfracté & ſort en *mn* : & cette ligne *mn* étant continuée en arriere, paſſe par le point *g*, puiſque ce rayon *mn* produit dans l'oeil le même effet, que s'il venoit effectivement du point *g*. Maintenant comme cette ligne *mn* s'éloigne de plus en plus de l'axe B F, où le centre de la pupille ſe trouve, le rayon *mn* ne ſauroit entrer dans l'oeil, qu'entant que l'ouverture de la pupille s'étend jusques là ; & ſi l'ouverture de la pupille étoit réduite à rien, le rayon *mn* ſeroit exclus de l'oeil, & ainſi le point *e* de l'objet ne ſauroit être vu de l'oeil, ni même aucun autre point de l'objet hors de l'axe A E : il n'y auroit donc point de champ apparent, & l'oeil ne verroit par cette lunette, que le ſeul point E de l'objet, qui ſe trouve dans ſon axe. Par là

il eſt clair que cette eſpece de lunette ne découvre un champ, qu'autant que la pupille eſt ouverte, en ſorte que plus l'ouverture de la pupille eſt grande ou petite, plus auſſi le champ apparent ſera grand ou petit. Dans ce cas le point *e* ſera donc encore viſible à l'oeil, ſi le petit intervalle B*m* n'excede point la demi largeur de la pupille, ou bien ſon demi-diametre, afin que le rayon *m n* y puiſſe entrer; mais auſſi dans ce cas, il faut approcher l'oeil du verre oculaire autant qu'on le peut; car puisque le rayon *m n* s'éloigne de l'axe F B, il échaperoit à la pupille, dans un plus grand éloignement.

Maintenant il eſt aiſé de déterminer le champ apparent que ces lunettes nous découvrent; ſur le verre oculaire: on n'a qu'à prendre l'intervalle B*m* égal à la demie-largeur de la pupille, & tirer par ce point *m*, & le milieu du verre objectif A la ligne droite *m* A *e*, alors cette ligne marquera ſur l'objet l'extrêmité *e* qui ſera encore viſible par la lunette, & l'angle EA*e* donnera le demi-diametre du champ apparent. Par là V. A. jugera aiſément, que dès que la diſtance des verres AB ſurpaſſe de quelques pouces, l'angle B A *m* doit devenir très petit, puisque la ligne ou diſtance B*m* n'eſt qu'environ, la vingtieme partie d'un pouce. Or ſi l'on vouloit groſſir beaucoup, il faudroit que la diſtance des verres devienne très conſidérable, & delà réſulteroit que le champ apparent deviendroit infiniment petit. C'eſt donc la nature des yeux qui met des bornes à cette eſpece de lunet-

lunettes, & qui nous oblige de recourir à d'autres eſpeces, dès qu'on ſouhaite des effets conſiderables.

le 16 Fevr. 1762.

LETTRE CCVIII.

En paſſant à la ſeconde eſpece de lunettes, qui ſont ce qu'on appelle lunettes aſtronomiques, quelque fois Tubes, je remarque que ces inſtrumens ne ſont compoſés que de deux verres, comme ceux de la premiere eſpece; mais ici au lieu de l'oculaire concave, on ſe ſert d'un convexe. Je commencerai donc à donner à V. A. une idée de la conſtruction de ces Lunettes Aſtronomiques.

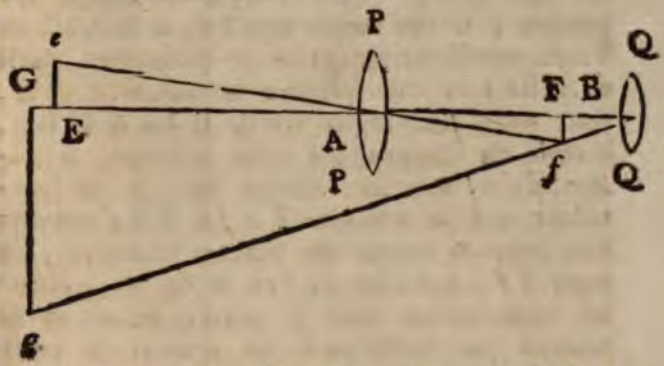
L'objectif P A P dans la figure miſe à la fin de cette lettre, eſt comme dans les autres, un verre convexe, dont le foyer étant en F, on fixe ſur le même axe un plus petit verre convexe Q Q de ſorte que ſon foyer tombe dans le même point F. Alors tenant l'oeil en O, de ſorte que la diſtance B O ſoit à peu près égale à la diſtance de foyer de l'oculaire Q Q, on verra les objets diſtinctement, & groſſis autant de fois, que la diſtance de foyer de l'objectif A F ſurpaſſera celle de l'oculaire B F; mais ce qu'il y a à remarquer, c'eſt que tous les objets paroiſſent dans une ſituation renverſée, de ſorte que ſi l'on dirige ces tubes vers des maiſons, on voit les toits en bas, & le pavé en haut. Comme cette circonſtance n'eſt point agréable pour les objets terreſtres, que nous

ne ſaurions pas voir renverſés, l'uſage de ces inſtrumens eſt borné aux objets celeſtes, qu'il nous eſt fort indifferent de voir dans un ſens ou dans un autre; il ſuffit à l'Aſtronome de ſavoir, que ce qu'il voit en haut ſe trouve réellement en bas, & reciproquement. Cependant rien n'empêche, qu'on ne ſe ſerve auſſi de ces lunettes pour les objets terreſtres, & on s'accoutume bientôt à voir les objets renverſés, pourvû qu'ils paroiſſent diſtinctement, & fort groſſis.

Après cette deſcription, je dois prouver trois choſes; la première que par cet arrangement des verres, les objets doivent paroitre diſtinctement; la ſeconde qu'ils doivent paroitre groſſis autant de fois, que la diſtance de foyer de l'objectif ſurpaſſe celle de l'oculaire, & cela dans une ſituation renverſée; la troiſieme choſe à prouver, eſt qu'on ne doit pas appliquer l'oeil immédiatement contre le verre oculaire, comme dans la premiere eſpèce, mais qu'il l'en faut éloigner à peu près à la diſtance de foyer de l'oculaire.

1) Pour le premier article, la choſe ſe prouve de la même maniere que dans le premier cas; les rayons eP, eP, qui ſont paralleles entr'eux avant que d'entrer dans le verre objectif, ſe réuniſſent par la réfraction dans le foyer de ce verre en F, & ainſi il faut que le verre oculaire rétabliſſe le parallélisme entre ces rayons, attendu que la viſion diſtincte exige, que les rayons partis de chaque point, ſoient à peu près paral-

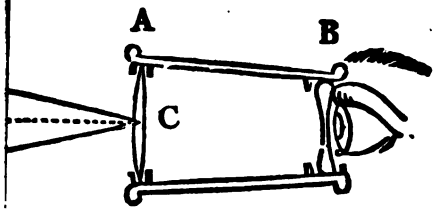
paralleles entr'eux, lorsqu'ils entrent dans l'oeil. Or le verre oculaire, ayant ſon foyer en F, eſt placé de ſorte, qu'il rend les rayons FM, FM, par la réfraction, paralleles entr'eux; & conſequemment l'oeil recevra les rayons N*o*, N*o*, paralleles entr'eux.



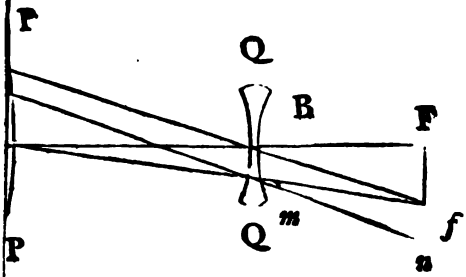
2) Pour le ſecond article, conſiderons l'objet en E*e*, mais en ſorte que la diſtance E A ſoit presque infinie. L'image de cet objet répréſentée par le verre objectif ſera donc F*f* ſituée à la diſtance de foyer de ce verre A F & déterminée par la droite *e* A *f* tirée par le milieu du verre. Cette image F*f* qui eſt renverſée, tient lieu d'objet par rapport au verre oculaire, & puiſqu'elle ſe trouve dans ſon foyer; la ſeconde image ſera de nouveau éloignée à l'infini par la réfraction de ce verre, & tombera par exemple en G*g*, la diſtanee A G devant être conçue comme infinie, de même que AE. Or pour déterminer la grandeur de cette image on n'a qu'à tirer par

8.

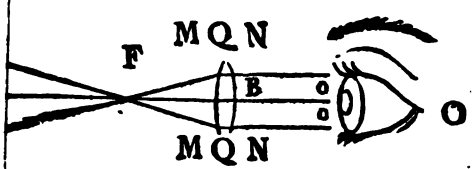
TRE CCVI.



.



RE CCVIII.



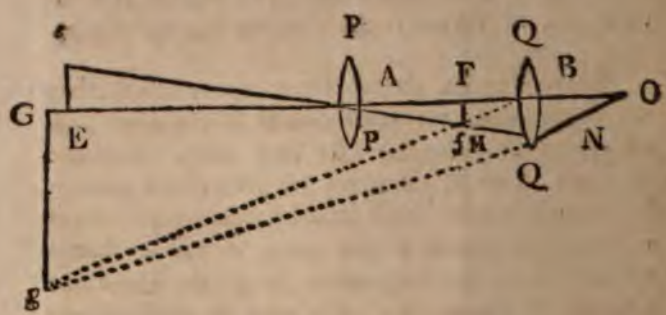
LETTRE CCIX.

Pour m'acquitter par rapport au troiſieme article, ſur les lunettes aſtronomiques, qui régarde le lieu de l'oeil derriere la lunette, je rémarque, que cet article eſt le plus étroitement lié avec le champ apparent, & que c'eſt préciſement le champ qui nous oblige de tenir l'oeil dans le lieu marqué, de ſorte que ſi on l'approchoit ou l'éloignoit d'avantage, on ne découvriroit plus un ſi grand champ.

L'étendue du champ étant un article ſi eſſentiel & ſi important pour toutes le lunettes, il eſt également important de bien fixer l'endroit de l'oeil, d'où il découvre les plus grand champ. Si on appliquoit l'oeil immédiatement au verre oculaire, on auroit à peu près, le même champ qu'on a dans les lorgnettes, & qui devient d'une petiteſſe inſupportable, dès que le groſſiſſement eſt conſiderable. C'eſt donc un grand avantage pour les lunettes aſtronomiques, qu'en éloignant l'oeil du verre oculaire, le champ apparent augmente jusqu'à un certain point, & c'eſt préciſément la raiſon qui rend ces lunettes ſuſceptibles de plus grands groſſiſſements, pendant que celles de la premiere eſpece ont été très bornées à cet égard. V. A. a déjà apris, qu'avec ces lunettes, on pouſſe le groſſiſſement au delà de 200 fois, ce qui leur donne une préference infinie ſur celles de la premiere eſpece, qui à peine ne ſauroient groſſir 10 fois; & le petit inconvenient de la ſituation renverſée doit s'éva-

nuir tout-à-fait, par rapport à ce grand avantage.

Je tâcherai donc d'expliquer à V. A. cet important article auſſi clairement qu'il me ſera poſſible, & mes éclairciſſemens précedens ſur le champ apparent ne manqueront pas de m'être d'un très grand ſécours.



1) L'objet E *e* étant infiniment éloigné. Soit *e* ſon extrêmité encore viſible par la lunette, dont les verres ſont P A P & Q B Q, diſpoſés ſur le commun axe E A B O & il s'agit de bien conſiderer la route que tiendra le ſeul rayon qui paſſe de l'extrêmité de l'objet *e* par le milieu A du verre objectif. V. A. ſe ſouviendra encore que les autres rayons, qui tombent du point *e* ſur le verre objectif ne ſont qu'accompagner & renforcer le rayon propoſé *e* A, qui eſt le principal par rapport à la viſion.

2) Or

2) Or ce rayon *e* A paſſant par le milieu du verre P P, ne ſouffrira aucune inflexion mais continuera ſa route en ligne droite A *f* M, & paſſant par l'extrêmité de l'image F *f*, atteindra l'occulaire au point M, où il eſt bon d'obſerver que ſi la grandeur du verre oculaire ne s'étendoit point juſqu'à M, ce rayon ne parviendroit jamais à l'œil, & le point *e* ſeroit inviſible. C'eſt à dire il faudroit prendre l'extrêmité *e* plus proche de l'axe, pour que le rayon A *f* M rencontre encore le verre oculaire.

3) Maintenant ce rayon AM ſera rompu, ou réfracté, par le verre oculaire, d'une certaine maniere, qu'il n'eſt pas difficile de découvrir. Nous n'avons qu'à conſiderer la ſeconde image G *g*, quoiqu'elle ſoit éloignée à l'infini, il ſuffit de ſavoir que la droite B *f* prolongée, paſſe par l'extremité *g* de la ſeconde image G *g*, qui eſt l'objet immediat de la vüe. Cela remarqué, il faut que le rayon rompu prenne une telle route N O qui étant prolongée paſſe par le point *g*.

4) Puiſque donc les deux lignes O N & B *f* concourent à l'infini en *g*, elles ſeront paralleles entr'elles, d'où nous tirons cette méthode plus aiſée pour déterminer la poſition du rayon rompu N O; on n'a qu'à le tirer parallele à la ligne B *f*.

6) Delà il eſt très évident que le rayon N O concoure quelque part avec l'axe de la lunette

en O, & puisqu'ordinairement, lorsque le groſſiſſement eſt grand, le point F eſt beaucoup plus proche du verre QQ que du verre PP, l'intervalle BM ſera tant ſoit peu plus grand que l'image F*f*; & puisque la ligne NO eſt parallele à *f*B, la ligne BO ſera presque égale à BF, c'eſt-à-dire, à la diſtance de foyer du verre oculaire.

6) Donc ſi l'on tient l'oeil en O, il recevra non ſeulement les rayons qui viennent du milieu de l'objet E, mais auſſi ceux qui viennent de l'extrêmité *e* & par conſequent auſſi ceux, qui partent de tous les points de l'objet: l'oeil récevroit même à la fois les rayons BO & NO, quand même la pupille ſeroit infiniment rétrécie. Dans ce cas donc, le champ apparent ne dépend point de l'ouverture de la pupille, pourvu que l'oeil ſoit placé en O; mais dès que l'oeil s'en éloigne, il doit perdre conſiderablement dans le champ apparent.

7) Si le point M n'étoit pas à l'extrêmité du verre oculaire, il transmettroit des rayons encore plus éloignés de l'axe, & ainſi la lunette découvriroit un plus grand champ. Donc pour déterminer le vray champ apparent, que la lunette eſt capable de découvrir, qu'on tire du milieu A du verre objectif vers l'extremité du verre oculaire M, la ligne droite AM, qui étant continuée à l'objet y marquera en *e* l'extrêmité viſible; & conſéquement l'angle EA*e* ou bien BAM

BAM donne le demi-diametre du champ apparent qui eſt par conſequent d'autant plus grand, que l'étendue du verre oculaire eſt plus grande.

8) Donc, comme dans la premiere eſpece, le champ apparent dépendoit uniquement de l'ouverture de la pupille; ainſi dans ce cas, il dépend uniquement de l'ouverture du verre oculaire, ce qui mêt une différence très eſſentielle entre ces deux eſpeces, à l'avantage de la derniere. La même figure, que j'ai employée à la démonſtration de cet article ſur le lieu de l'oeil & le champ apparent, eſt auſſi très propre à éclaircir d'avantage les articles précedens.

Quand V. A. veut bien conſiderer, que le verre objectif transporte l'objet E*e* en F*f*, & que le verre oculaire le transporte de F*f* en G*g*; cette image G*g* étant fort éloignée & l'objet immediat de la vüe, doit être vû diſtinctement, puiſqu'un bon oeil demande une grande diſtance pour voir diſtinctement; ce qui étoit le premier article.

Pour le ſecond article il eſt d'abord évident que puiſqu'au lieu du vray objet E*e*, on voit par la lunette l'image G*g*, elle ſera renverſée. Enſuite cette image eſt vüe de l'oeil placé en O ſous l'angle G O*g*, ou B O N, pendant que l'objet même E*e* paroitra à la vüe ſimple ſous l'angle E A*e*; donc la lunette groſſit autant de fois que l'angle B O N eſt plus grand que l'angle E A*e*.

E A *e*. Or puisque la ligne N O eſt parallele à B *f*, l'angle B O N eſt égal à l'angle F B *f*, & l'angle E A *e* eſt égal à ſon oppoſé par la pointe F A *f*, d'où le groſſiſſement doit être jugé, du rapport entre les angles F B *f* & F A *f*, dont celui-là eſt autant de fois plus grand que celui-cy, que la ligne A F, ou la diſtance du foyer de l'objectif, ſurpaſſe la ligne B F, ou la diſtance du foyer de l'oculaire. Ce qui eſt une preuve ſuffiſante que les élémens de Géometrie peuvent être employés à des récherches d'une nature tout-à-fait différente, ce que V. A. reconnoitra avec bien de la ſatisfaction.

le 23 Fevr. 1762.

LETTRE CCX.

Maintenant V. A. jugera aiſément, non ſeulement, combien de fois groſſit une lunette propoſée, mais auſſi, comment il faut conſtruire des lunettes qui groſſiſſent autant de fois qu'on voudra. Dans le premier cas on n'a qu'à méſurer la diſtance du foyer tant du verre objectif, que celle de l'oculaire, pour voir combien de fois celle-là ſurpaſſe celle-cy, ce qui ſe fait par la diviſion, & le quotient marquera le groſſiſſement.

Ainſi ayant une lunette, dont la diſtance de foyer de l'objectif eſt de deux pieds, & celle de l'oculaire d'un pouce, il faut voir combien de fois un pouce eſt contenu en deux pieds. Ici il faut ſavoir qu'un pied contient 12 pouces

& qu'ainſi deux pieds ſont 24 pouces, qu'il faut diviſer par un pouce. Or quelque nombre qu'on diviſe par un, le quotient eſt toujours égal au nombre même, ou bien ſi l'on demande, combien un pouce eſt contenu en 24 pouces, on répond ſans balancer 24 fois, par conſequent la lunette en queſtion groſſit 24 fois: c'eſt-à-dire, elle nous répréſente les objets éloignés de la même maniere, que s'ils étoient 24 fois plus grands qu'ils ne le ſont; ou bien, on les verra par la lunette ſous un angle 24 fois plus grand qu'à la vüe ſimple.

Conſiderons une autre lunette aſtronomique, dont la diſtance de foyer du verre objectif eſt de 32 pieds & celle de l'oculaire de 3 pouces, & V. A. verra que ces deux verres doivent être éloignés l'un de l'autre de 32 pieds & 3 pouces, attendû que dans toutes les lunettes aſtronomiques, la diſtance entre les verres eſt égale à la ſomme des deux diſtances de foyer des verres, comme il eſt clair par ma lettre précedente.

A preſent pour trouver combien de fois cette lunette groſſit, il faut diviſer 32 pieds par 3 pouces, & pour cet effèt convertir ces 32 pieds en pouces, en les multipliant par 12

32 pieds
12

64
32
---

ce qui donnera 384 pouces

enſuite, on diviſera ces 384 pouces par 3

$$3)384$$
$$128$$

& le quotient 128 marque que la lunette proposée groſſit 128 fois, ce qui eſt ſans doute un groſſiſſement très conſidérable.

Réciproquement donc pour conſtruire une lunette qui groſſiſſe un nombre donné de fois par exemple 100 fois; il faut employer deux verres convexes, dont la diſtance de foyer de l'un ſoit 100 fois plus grande que celle de l'autre; alors celui là donnera l'objectif & celui-cy l'oculaire. Enſuite il faut diſpoſer ces deux verres ſur un même axe, en ſorte que leur diſtance ſoit égale à la ſomme des deux diſtances de foyer; ou bien on les fixe dans un tuyau de cette longueur, & alors l'oeil étant derriere l'oculaire à la diſtance de ſon foyer, verra les objets 100 fois plus grands.

On pourra donc remplir cette condition d'une infinité de manieres différentes; en prenant un verre oculaire à volonté & le joignant avec un objectif, dont la diſtance de foyer eſt 100 fois plus grande. Ainſi prenant l'oculaire d'un pouce de foyer, l'objectif doit être de 100 pouces de foyer, & la diſtance des verres 101 pouce. Or en prenant l'oculaire de 2 pouces de foyer, l'objectif doit avoir ſon foyer à

distance de 200 pouces & la distance entre s verres sera de 202 pouces. Si l'on prenoit oculaire de 3 pouces de foyer, la distance e foyer de l'objectif dévroit être de 300 ouces & la distance entre les verres de 303 ouces. De même si l'on vouloit prendre l'ocu- iire de 4 pouces de foyer, l'objectif devroit voir sa distance de foyer de 400 pouces, & la istance entre les verres seroit 404 pouces, & insi de suite en donnant à la lunette une lon- ueur de plus en plus grande. Mais si au ontraire on ne donnoit à l'oculaire qu'un démi- ouce de foyer, l'objectif dévroit avoir 100 émi pouces c'est à dire 50 pouces de foyer, t la distance entre les verres, ne seroit que 50 ouces & demi; ce qui fait un peu plus que pieds. Et si l'on prenoit l'oculaire d'un quart e pouce, l'objectif n'auroit que 100 quarts u 25 pouces, & la distance entre les deux verres 5 pouces & un quart, ce qui seroit un peu lus que 2 pieds.

Voilà donc plusieures manieres de produire le même grossissement de 100 fois, & si nous avions a liberté d'en choisir, V. A. n'hésiteroit pas ertainement de donner la préference à la der- niere, comme la plus courte, où la lunette ne dévient que de 2 pieds environ, & est sans doute plus aisée à manier, qu'une lunette beau- coup plus longue.

Aussi

Auſſi perſonne ne balanceroit à préferer les lunettes les plus courtes, ſi toutes les autres circonſtances étoient les mêmes, & que toutes ces differentes ſortes répreſentaſſent les objets avec le même dégré de perfection. Mais quoique toutes produiſent le même groſſiſſement, la répréſentation même n'eſt pas également nette & claire; la derniere de 2 pieds groſſit bien 100 fois comme les autres, mais en regardant par une telle lunette, les objets paroitront non ſeulement obſcurs, mais auſſi mal terminés & confus, ce qui eſt ſans doute un très grand défaut. L'avant derniere lunette, dont l'objectif eſt de 50 pouces de foyer, eſt moins ſujette à ces defauts, mais pourtant l'obſcurité & la confuſion ſont encore inſupportables: or ces défauts diminuent à méſure qu'on ſe ſert de plus grands verres objectifs & ils ſeront déjà beaucoup moindres, lorſqu'on emploira un verre objectif de 300 pouces, avec un oculaire de 3 pouces de foyer. Enſuite en augmentant d'avantage ces méſures, la répréſentation devient encore plus nette & plus claire, de ſorte qu'à cet égard les longues lunettes, ſont préferables aux courtes, quoique de l'autre côté elles ſoient moins commodes.

Cette circonſtance m'ouvre une nouvelle carriere où j'aurai l'honneur d'expliquer à V. A. encore deux articles très eſſentiels dans la Théorie des Lunettes; l'un régarde la clarté ou le dégré de lumiere, dont les objets ſont vûs; & l'autre

l'autre la netteté d'expreſſion, dont les objets ſont répréſentés. Sans ces deux grandes qualités tout groſſiſſement, quelque grand qu'il ſoit, ne nous apporte aucun avantage dans la contemplation des objets.

le 27 Fevr. 1762.

LETTRE CCXI.

Pour juger du dégré de clarté dont les lunettes nous répréſentent les objets, je me ſervirai des mêmes principes, que j'ai eu l'honneur d'expliquer à V. A. lorsque j'ai traité le même ſujet, par rapport aux Microſcopes.

Or je dois d'abord avertir, qu'il ne s'agit point dans cette recherche du dégré de lumiere, qui réſide dans les objets mêmes, & qui peut être très différent, tant dans les differens corps, en ce qu'ils ſont par leur nature plus ou moins clairs, que dans un même corps, en différentes circonſtances. Les mêmes corps, lorsqu'ils ſont éclairés du ſoleil, ont ſans doute plus de lumiere, que lorsque le ciel eſt couvert, & de nuit leur lumiere eſt tout-à-fait éteinte; mais auſſi différens corps éclairés par la même lumiere, peuvent differer beaucoup en clarté, ſelon que leurs couleurs ſont plus ou moins vives. Il n'eſt pas ici queſtion de cette lumiere, ou de cette clarté qui ſe trouve dans les objets mêmes; mais ſoit qu'elle ſoit forte ou foible, on dit qu'une lu-

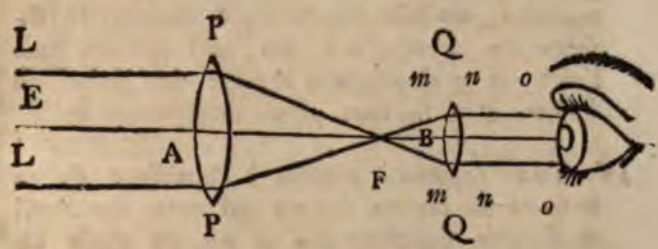
nette répréſente les objets en pleine clarté, lorſque nous les voyons par la lunette auſſi clairement que par la vûe ſimple; de ſorte que ſi l'objet eſt obſcur de lui même, on ne ſauroit prétendre que la lunette nous le répréſente avec éclat.

Ainſi, par rapport à la clarté, une lunette eſt parfaite, lorſqu'elle nous répréſente les objets avec autant de clarté, que ſi nous les regardions à la vûe ſimple. Or cela arrive, comme dans les microſcopes, lorsque toute l'ouverture de la pupille eſt remplie par les rayons qui viennent de chaque point de l'objet, après avoir été transmis par la lunette. Tant qu'une lunette fournit aſſés de rayons pour remplir toute l'ouverture de la pupille, on ne ſauroit déſirer plus de clarté, & quand même la lunette en fourniroit en plus grande abondance, cela ſeroit inutile, puiſqu'il n'en entreroit également point d'avantage dans l'oeil.

Il faut donc ici principalement avoir égard à l'ouverture de la pupille, la quelle étant variable, on ne ſauroit rien fixer là deſſus, ſi l'on ne ſe régloit ſur une certaine ouverture; or on peut bien ſe contenter, lorsque la pupille, dans l'état de la plus grande contraction, eſt remplie de rayons, & par cette raiſon, on ſuppoſe communément le diametre de la pupille d'une ligne, dont 12 font un pouce; ſouvent on ſe contente même de la moitié, en ne donnant à la pupille

pille que la moitié d'une ligne, & quelques fois encore moins.

Si V. A. conſidere, que la lumiere du Soleil ſurpaſſe 300000 fois celle de la Lune, qui eſt pourtant aſſes conſiderable, Elle jugera bien qu'une petite diminution dans la clarté, n'eſt pas d'une grande conſéquence dans la contemplation des objets. Cela marqué, il ne me reſte qu'à éxaminer les rayons que la lunette transmêt dans l'oeil, pour les comparer avec la pupille; & il ſuffira de conſiderer les rayons qui viennent d'un ſeul point de l'objet, celui, par exemple, qui ſe trouve dans l'axe de la lunette.



I. L'objet étant éloigné à l'infini, les rayons qui en tombent ſur la ſurface du verre objectif P A P, ſont paralleles entr'eux; donc tous les rayons qui viennent du centre de l'objet ſeront contenüs entre les lignes L P, L P paralleles à l'axe E A: tous ces rayons enſembles ſont nommés le faiſceau des rayons qui tombent ſur le verre objectif, & l'épaiſſeur de ce faiſceau eſt égale à l'étendue, ou

à l'ouverture du verre objectif, dont le diametre eſt P A P.

II. Ce faiſceau de rayons ſe change par la réfraction du verre objectif, dans une figure conique ou pointüe P F P, & après s'être croiſé dans le foyer F, forme un nouveau cône *m* F *m* terminé par le verre oculaire, où il eſt évident que la baſe de ce cône *m m* eſt autant de fois plus petite que la largeur du faiſceau P P, que la diſtance F B eſt plus courte que la diſtance A F.

III. Maintenant ces rayons F*m*, F*m* en paſſant par le verre occulaire Q B Q rédeviennent de nouveau paralleles entr'eux, & forment le faiſceau de rayons *n o*, *n o*, qui entrent dans l'oeil, & y dépeignent l'image du point de l'objet d'où ils ſont partis originairement.

IV. Tout revient à préſent à l'épaiſſeur de ce faiſceau de rayons *n o*, *n o* qui entre dans l'oeil & ſi cette épaiſſeur *n n* ou *o o* eſt égale ou plus grande que l'ouverture de la pupille, la pupille en ſera remplie, & l'oeil jouira de toute la clarté poſſible, ou bien l'objet paroitra avec autant de clarté, que ſi on le regardoit ſans d'autre ſecours que de celui des yeux.

V. Mais ſi l'épaiſſeur de ce faiſceau *n n*, ou *o o* étoit beaucoup plus pétite que la pupille, il eſt évident

évident que la répréſentation deviendroit d'autant plus obſcure, ce qui ſeroit un grand défaut de la lunette. Donc pour y rémedier il faut, que l'épaiſſeur de ce faiſceau ne ſoit pas plus petite que la moitié d'une ligne, & il ſeroit bon, ſi elle égaloit une ligne entiere, puisque c'eſt l'ouverture ordinaire de la pupille.

VI. Or il eſt clair que l'épaiſſeur de ce faiſceau tient un certain rapport à celle du premier faiſceau, qu'il n'eſt pas difficile de déterminer: on n'a qu'à voir combien de fois l'intervalle *nn*, ou *mm* eſt plus petit que l'intervalle PP, qui eſt l'ouverture du verre objectif. Or l'intervalle PP tient à *mm* la même proportion que la diſtance AF tient à BF, d'où dépend le groſſiſſement; & ainſi le groſſiſſement même nous montre combien de fois le faiſceau LPLP eſt plus large que le faiſceau *nono* qui entre dans l'oeil.

VII Donc puisque la largeur *nn* ou *oo* doit être une ligne ou au moins une demi ligne, l'ouverture du verre objectif PP doit au moins contenir autant de demi-lignes, que le groſſiſſement indique; ainſi quand la lunette doit groſſir 100 fois, l'ouverture de ſon verre objectif doit avoir pour diametre 100 démi-lignes, ou bien 50 lignes, qui ſont 4 pouces & deux lignes: (le pouce étant diviſé en 12 lignes).

VIII. Par là V. A. entend, que pour éviter l'obſcurité, il faut que l'ouverture de l'objectif ſoit d'une certaine grandeur, qui doit être d'autant plus grande, que le groſſiſſement eſt grand. Et conſequemment, à moins que le verre objectif qu'on veut employer, ne ſoit ſuſceptible d'une ſi grande ouverture, la lunette ſera défectueuſe du coté de la clarté de la répréſentation.

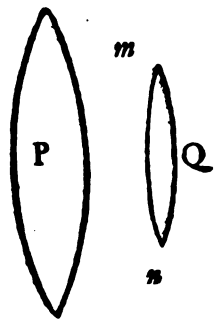
Maintenant il eſt aſſés clair que pour des grands groſſiſſemens on ne ſauroit employer des petits objectifs, ou dont la diſtance de foyer eſt trop pétite; puisqu'un verre formé par des arcs de petits cercles, ne ſauroit avoir une grande ouverture.

le 1 Mars 1762.

LETTRE CCXII.

V. A. vient de voir que le groſſiſſement détermine la grandeur ou l'étendue du verre objectif, afin que les objets paroiſſent avec un dégré ſuffiſant de clarté. Cette détermination ne regarde que la grandeur ou l'ouverture de l'objectif, cependant ſa diſtance de foyer s'en reſſent auſſi, de ſorte que plus le verre doit être grand, plus auſſi ſa diſtance de foyer doit être grande.

La



La raiſon en eſt évidente, puiſque pour former un verre dont la diſtance de foyer eſt par exemple de deux pouces, ſes deux faces doivent être des arcs de cercle dont le rayon eſt auſſi environ de deux pouces: j'ai donc repréſenté ici deux tels verres P & Q, ou les arcs ſont décrits avec un rayon de deux pouces. Le verre P comme il eſt plus épais, eſt bien plus grand que l'autre Q, mais j'expliquerai dans la ſuite, que les verres épais ſont aſſujettis à d'autres inconveniens, qui ſont même ſi grands qu'il faut rénoncer entierement à leur uſage. Le verre Q ſera donc plus propre pour la pratique, puis qu'il eſt compoſé de moindres arcs du même cercle, & comme ſa diſtance de foyer eſt de deux pouces, ſon étendue ou ouverture *m n* ne ſauroit à peine ſurpaſſer un pouce. D'où l'on peut établir cette regle générale, que toujours la diſtance de foyer d'un verre doit être plus que deux fois plus grande que le diametre de ſon étendue *m n*, ou bien l'ouverture d'un

verre doit néceſſairement être plus petite que la moitié de ſa diſtance de foyer.

Donc ayant remarqué que pour groſſir 100 fois, l'ouverture de l'objectif doit ſurpaſſer 4 pouces; il s'enſuit que la diſtance de foyer doit ſurpaſſer 8 pouces, & je ferai voir bientôt, que le double ne ſuffit pas, & qu'il faut même augmenter la diſtance de foyer de ce verre, au delà de 300 pouces. La netteté d'expreſſion de l'image demande cette grande augmentation, dont je parlerai dans la ſuite; ici je me contente de rémarquer qu'à l'égard de la figure géometrique du verre, l'ouverture ne ſauroit être plus grande que la moitié de ſa diſtance de foyer.

Je m'étendrai donc ici un peu plus en détail ſur l'ouverture de l'objectif que chaque groſſiſſement éxige, & je remarque d'abord, que quoiqu'un dégré ſuffiſant de clarté demande une ouverture de 4 pouces, lorsque la lunette doit groſſir 100 fois, on ſe contente dans les lunettes aſtronomiques d'une de 3 pouces, puisque la diminution de clarté en dévient peu ſenſible delà les Artiſtes ont établi cette regle, que pour groſſir 100 fois, il faut que l'ouverture de l'objectif ſoit de 3 pouces & pour les autres groſſiſſemens à proportion. Ainſi pour groſſir 50 fois, il ſuffit que l'ouverture de l'objectif ſoit d'un pouce & demi; pour groſſir 25 fois trois quarts d'un pouce ſuffiſent & ainſi des autres groſſiſſemens.

L'on

L'on voit par là que pour les petits groſſiſſemens, une très petite ouverture de l'objectif eſt ſuffiſante, & que par conſéquent la diſtance de foyer peut être très médiocre. Mais ſi l'on veut groſſir 200 fois, l'ouverture de l'objectif doit être de 6 pouces, ou d'un demi pied, ce qui demande déja un très grand verre, dont la diſtance de foyer doit ſurpaſſer même 100 pieds pour obtenir une expreſſion nette & bien déterminée: c'eſt la raiſon pourquoi les grands groſſiſſemens demandent des lunettes ſi conſidérablement longues, au moins ſelon l'arrangement ordinaire des verres, que j'ai l'honneur d'expliquer à V. A. Car depuis quelques tems, on a travaillé avec bien du ſuccés à diminuer cette longueur exceſſive. Toutes fois l'ouverture de l'objectif doit ſuivre la regle que je viens d'établir, puisque la clarté en dépend néceſſairement.

Ainſi ſi l'on vouloit faire une lunette qui groſſit 400 fois, l'ouverture de l'objectif devroit toujours être de 12 pouces ou d'un pied, quelque petite qu'on pût rendre ſa diſtance de foyer: & ſi l'on vouloit groſſir 4000 fois, l'ouverture de l'objectif devroit être de 10 pieds. ce verre ſeroit donc bien & même trop grand, pour que nos artiſtes le puſſent éxecuter, & c'eſt la principale raiſon, que nous ne ſaurions eſperer de porter jamais le groſſiſſement ſi loin, à moins qu'un grand Prince n'y voulût fournir les depenſes néceſſaires pour former & travailler de ſi grands verres; & encore peut-être n'y réuſſiroit-on point.

Cependant une lunette, qui groſſiroit 4000 fois nous dévroit découvir bien des merveilles dans le ciel: la lune nous paroîtroit 4000 fois plus grande, que nous ne la voyons à la vûe ſimple; ou bien nous verrions la lune, tout comme ſi elle nous étoit 4000 fois plus proche, qu'elle n'eſt en effet. Voyons donc jusqu'à quel dégré nous y pourrions diſtinguer les differens corps qui s'y trouvent. On éſtime la diſtance de la lune de 52000 Milles d'Allemagne, dont la 4000 partie fait 13 Milles, & ainſi une telle lunette nous feroit voir la Lune de la même maniere, que ſi nous n'en étions éloignés que de 13 Milles, & par conſéquent nous y pourrions diſtinguer les mêmes choſes, que nous diſtinguons ſur des objets éloignés à la même diſtance; or ſur une montagne, on peut bien voir d'autres montagnes qui en ſont éloignées au delà de 13 Milles. Il n'y a donc point de doute, que nous ne découvriſſions ſur la ſurface de la Lune, quantité de choſes dont nous ſerions bien ſurpris; mais pour décider ſi la lune eſt habitée par des créatures ſemblables à celles de la terre, une diſtance de 13 Miles eſt encore trop grande; il faudroit avoir pour cet effet une lunette qui groſſit encore 10 fois d'avantage & par conſéquent en tout 40000 fois, dont l'objectif devroit avoir une ouverture de 100 pieds, ce que l'addreſſe des hommes n'executera jamais. Mais par une telle Lunette nous verrions la lune tout comme ſi elle n'etoit pas plus eloignée de nous que l'eſt Berlin de Spandau,

dau, & des bons yeux y pourroient bien voir des hommes, s'il y en avoit, mais pourtant trop peu diſtinctement, pour s'en aſſurer entierement.

Comme nous devons nous contenter de ſouhaits à cet égard, je ſouhaiterois plutôt tout d'un coup avoir une lunette qui groſſit 100000 fois; alors la Lune ſe préſenteroit comme ſi elle n'etoit éloigné de nous que d'un demi-Mille. L'ouverture de l'objectif de cette Lunette dévroit donc être de 250 pieds, & au moins les groſſes bêtes dans la Lune nous déviendroient viſibles.

le 6 Mars 1762.

LETTRE CCXIII.

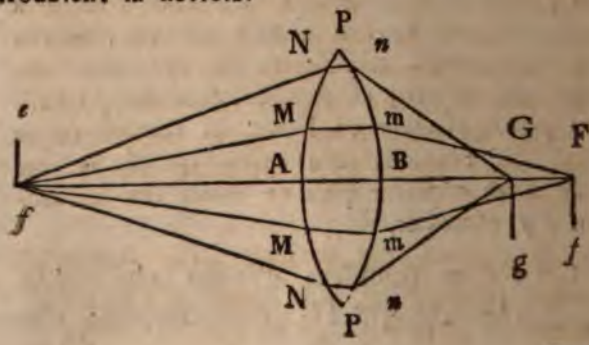
La netteté dans l'expreſſion eſt un article ſi important entre les qualités d'une Lunette, qu'elle ſemble l'emporter ſur tous les autres, dont j'ai eu dejà l'honneur de rendre compte à V. A. puisque tout le monde convient, qu'une lunette, qui ne répréſente pas nettement les images des objets, eſt fort défectueuſe. Je dois donc principalement expliquer les ſources de ce défaut de netteté, afin qu'on puiſe enſuite penſer avec d'autant plus de ſuccès ſur les moyens d'y rémedier.

Ces ſources paroiſſent d'autant plus cachées que les principes que j'ai établis jusquici, n'en découvrent

découvrent point l'origine : & en effet ce défaut vient de ce qu'un des principes, dont je me ſuis ſervi jusqu'ici, n'eſt point vray à la rigueur, quoqu'il ne s'écarte que très peu de la vérité.

V. A. ſe ſouvient, que j'ai poſé pour principe, qu'un verre convexe raſſemble dans un point de l'image tous les rayons qui partent d'un point de l'objet : ſi cela étoit vray à la rigueur, les images répréſentées par les verres, ſeroient auſſi bien terminées que l'objet même, & il n'y auroit point à craindre de défaut de ce côté.

Voilà maintenant en quoi conſiſte la défectuoſité de ce principe, les verres n'ont cette propriété, que je leur ai ſuppoſée, qu'autour de leur milieu; les rayons qui paſſent vers les bords d'un verre ſe raſſemblent dans un autre point, que ceux qui paſſent vers le milieu du verre, quoique tous viennent d'un même point de l'objet, & delà naiſſent deux images différentes qui troublent la netteté.



Pour

Pour mettre cela dans tout ſon jour, conſiderons le verre convexe P P, ſur l'axe duquel ſe trouve l'objet E *e*, dont le point E ſitué dans l'axe, envoye les rayons E N, E M, E A, E M, E N, ſur la ſurface du verre, & c'eſt ſur la route de ces rayons changés par la réfraction, qu'il faut fixer notre attention.

I. D'abord le rayon E A, qui paſſe par le milieu A du verre, n'en ſouffre aucune réfraction, & continue ſa route dans la même direction ſur la ligne A B F.

II. Les rayons A M & A M fort proches de celui-là, ſouffriront une petite réfraction, par la quelle ils ſe réuniſſent quelque part en F avec l'axe, où eſt le lieu de l'image F *f*, dont j'avois parlé dans mes premiers entretiens ſur cette matiere.

III. Les rayons E N & E N, qui ſont plus éloignés de l'axe E A & qui paſſent vers les bords N N du verre, ſouffrent une réfraction un peu differente, qui les réunit, non dans le point F, mais dans un autre point G plus proche du verre & ces rayons répréſenteront une autre image G *g* differente de la premiere F *f*.

IV. Remarquons donc bien cette circonſtance toute particuliere, à la quelle je n'ai pas fait attention auparavant; c'eſt que les rayons qui paſſent

paſſent par le verre vers ſes bords, répté-ſentent une autre image Gg, que ceux qui paſſent par le milieu M A M du verre.

V. Si les rayons E N, E N s'éloignoient encore plus du milieu A, & qu'ils paſſaſſent par les extrêmites mêmes P & P du verre, leur réunion s'approcheroit encore d'avantage du verre & formeroit une nouvelle image plus proche du verre que ne l'eſt Gg.

VI. Delà V. A. jugera aiſément, que la premiere image Ff qu'on nomme la principale, n'eſt formée que par les rayons, qui ſont presque infiniment proches du milieu A, & dès que les rayons s'en écartent vers les bords du verre, il s'en eſt formée une image particuliere plus proche du verre, jusqu'à ce que ceux qui paſſent près les bords en forment la derniere Gg.

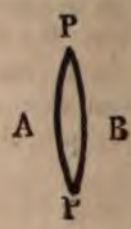
VII. Donc en effet, tous les rayons qui paſſent par le verre P P répréſentent une infinité d'images diſpoſées entre Ff & Gg, & à chaque diſtance de l'axe la réfraction du verre produit une image particuliere, de ſorte que l'eſpace entre F & G eſt remplie d'une file d'images.

VIII. Cette file d'images eſt auſſi nommée la diffuſion de l'image & quand tous ces rayons entrent enſuite dans quelque oeil, il eſt naturel

turel que la viſion en ſera d'autant plus troublée, que l'eſpace **F G**, par lequel l'image eſt répandue, eſt plus conſidérable : ſi cet eſpace **F G** ſe réduiſoit à rien, aucune confuſion ou défaut de netteté ne ſeroit à craindre.

IX. Plus les arcs **PAP** & **PBP** ſont de grandes parties des cercles dont ils ſont pris, plus auſſi l'eſpace de diffuſion **F G** eſt grande ; & de là **V. A.** comprend pourquoi il faut rejetter tous les verres trop épais, où ces arcs, qui forment les faces du verre, ſont des parties conſiderables de cercles ; comme dans cette figure, où les arcs **PAP** & **PBP** ſont la quatrieme partie de la circonference entiere, de ſorte que chacun contient 90 dégrés, ce qui par conſéquent produiroit une confuſion inſupportable.

X. Il faut donc que les arcs, qui forment le faces d'un verre contiennent beaucoup moi que 90 dégrés: s'ils en contenoient 60, diffuſion de l'image ſeroit encore inſupportabl Les Auteurs, qui ont écrit ſur cette matier ne veulent admettre que 30 dégrés tout a plus: & il y en a qui ſe bornent à 20 dégré Un tel verre eſt répréſenté dans la figure ſu vante, où les arcs P A P & P B P ne contie nent que 20 dégrés, chacun n'étant que 18me. partie de la circonference entiere d'o ils ſont pris.



XI. Mais ſi ce verre doit tenir lieu d'un ob jectif dans une lunette, il faut que les ar P A P & P B P contiennent encore beaucou moins de dégrés. Car quoique la diffuſio de l'image ſoit inſenſible en elle même, l groſſiſſement la multiplie autant de fois qu l'objet même. Et ainſi plus le groſſiſſemen eſt grand, plus doit être petit le nombre d dégrés que les faces embraſſent.

XII. Quand la lunette doit groſſir 100 fois V. A. ſe ſouvient, que l'ouverture P P d l'ob

l'objectif doit être de 3 pouces, & ſa diſtance le foyer 360 pouces, qui eſt égale aux rayons, dont les deux arcs P A P & P B P ſont décrits; d'où il s'enſuit que chacun de ces deux arcs ne contient qu'un demi dégré; & c'eſt la netteté dans l'expreſſion, qui exige une ſi petite méſure; ſi l'on vouloit groſſir 200 fois, un demi-dégré ſeroit encore trop, & alors la méſure des arcs ne devroit pas ſurpaſſer le tiers d'un degré. Cependant cet arc doit recevoir une étendue de 5 pouces, ainſi le rayon du cercle doit être d'autant plus grand & par conſéquent auſſi la diſtance de foyer. C'eſt la véritable raiſon, pourquoi les grands groſſiſſemens demandent des lunettes ſi conſidérablement longues.

le 9 Mars 1762.

LETTRE CCXIV.

Lorsque l'eſpace de diffuſion d'un verre objectif eſt trop grand, pour que le défaut dans la netteté de l'image qui en réſulte ſoit ſupportable, rien n'eſt plus aiſé que de rémedier à ce défaut; on n'a qu'à couvrir le verre d'un cercle de carton percé d'un trou vers le centre, de ſorte que le verre ne puiſſe transmêttre d'autres rayons, que ceux qui y tombent par le trou, & que ceux qui paſſoient auparavant par les bords du verre en ſoient exclus: car puis qu'à-préſent il n'y a que les rayons qui ſont transmis vers le milieu du verre, l'eſpace de diffuſion

ſera d'autant plus petit, plus le trou eſt petit
& par ce moyen, en diminuant le trou, on peut
rendre l'eſpace de diffuſion auſſi petit qu'on voudr

Il en eſt alors de même, que ſi le ver
n'étoit pas plus grand que le trou, ainſi la pa
tie couverte par le carton devient inutile & c'eſt
trou qui détermine l'ouverture du verre: au
ſe ſert on de ce remede pour donner aux verr
objectifs autant d'ouverture que l'on juge à propo

Dans la figure cy-jointe P P eſt le verr
objectif, devant lequel eſt placé le carton N N
percé du trou M M, & maintenant on dit qu
ce trou MM eſt l'ouverture du verre. Cette ou
verture MM eſt ici à peu près la moitié, de ce qu'elle
ſeroit ſi l'on ôtoit le carton & ainſi l'eſpace de diffu
ſion eſt beaucoup plus petit; on remarque qu
l'eſpace de diffuſion pour ce cas-ci n'eſt que l
quart de celui d'auparavant, un moindre trou
M M, qui ne ſeroit que le tiers de P P, ren
droi

roit l'eſpace de diffuſion 9 fois plus petit: ainſi l'effet de ce remede eſt très conſidérable, & pour eu qu'on couvre les bords d'un verre, l'effet n devient très ſenſible.

Si donc une Lunette a le défaut, que les bjets ne paroiſſent pas aſſés nets, puisqu'une le d'images qui ſe confondent enſemble, doit éceſſairement produire une confuſion, alors on 'a qu'à rétrecir l'ouverture du verre objectif ar un tel carton, & cette confuſion s'évanouira infailliblement. Mais on tombe dans un autre éfaut, qui n'eſt pas moins facheux, c'eſt que le égré de clarté en dévient diminué. V. A. ſe ouvient, que chaque groſſiſſement exige une cerine ouverture de l'objectif, afin qu'il y ſoit ransmis autant de rayons qu'il en faut pour ous procurer une clarté ſuffiſante; il eſt donc ien facheux qu'en rémediant à un défaut, on expoſe à un autre; & il faut abſolument u'une bonne lunette fourniſſe aſſés de clarté, ns nuire à la netteté dans la répréſentation des bjets.

Mais n'y auroit-il pas moyen de diminuer, n de réduire même à rien, l'eſpace de diffuſion es verres objectifs, ſans en diminuer l'ouverture? oilà la grande queſtion à laquelle on travaille épuis quelque tems, & dont la ſolution nous romet les plus grands progrés dans la Dioptrique. J'aurai donc l'honneur d'expliquer à V. A. s moyens que les ſavans ont imaginé pour river à ce but.

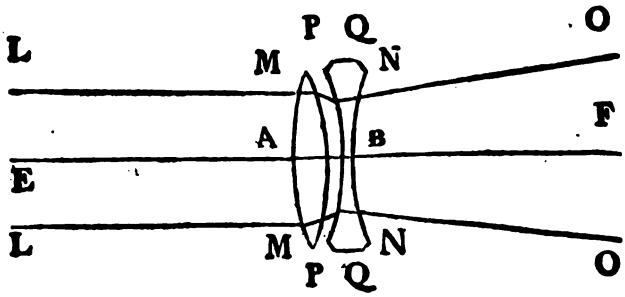
Comme le foyer des rayons qui paſſent par le milieu d'un verre convexe eſt plus éloigné du verre, que le foyer des rayons qui paſſent vers les bords, on a rémarqué que les verres concaves produiſent un effet contraire; ce qui a occaſionné cette recherche, s'il ne ſeroit pas poſſible de combiner un verre convexe avec un verre concave, de façon que l'eſpace de diffuſion fût entiérement anéanti? & que d'ailleurs un tel verre compoſé produiſit le même effet qu'un objectif ordinaire ſimple? V. A. ſait que les verres concaves ſont auſſi bien méſurés par leur diſtance de foyer, que les verres convexes; avec cette difference que le foyer des concaves n'eſt qu'imaginaire, & tombe devant le verre; pendant que le foyer des verres convexes eſt réel & tombe derriere eux. Cela remarqué, on raiſonne de la maniere ſuivante.

F.

I. Si l'on place derriere un verre convexe. PAP un verre concave QBQ de la même diſtance

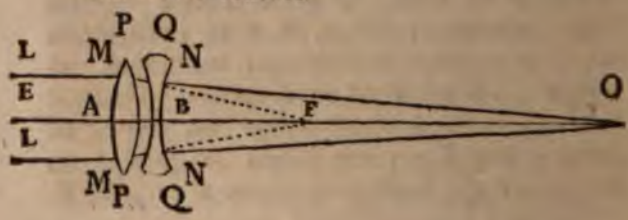
diſtance de foyer, les rayons que le verre convexe réuniroient dans ſon foyer, ſeront réfractés par le verre concave de ſorte qu'ils rédeviennent paralleles entr'eux, tout comme ils l'etoient avant que de paſſer par le verre convexe.

II. Dans ce cas donc, le verre concave détruit l'effet du verre convexe, & il en eſt de même que ſi les rayons continuoient leur route naturelle, ſans avoir éprouvé aucune réfraction. Car le verre concave ayant ſon foyer au même point F, rétablit dans le parallelisme les rayons qui voudroient concourir au point F.



III. Si la diſtance de foyer du verre concave étoit plus petite que celle du verre convexe, il produiroit un plus grand effet, & rendroit les rayons divergens comme dans la figure cy-jointe: les rayons incidens paralleles LM, EA, LM en paſſant par les deux verres prennent les routes NO, BF, NO, qui ſont divergentes entr'elles. Ces deux verres

enſemble produiſent donc le même effet qu'un certain verre concave ſimple, qui imprimeroit aux rayons incidens paralleles la même divergence. Donc deux tels verres joints enſemble dont le concave a une plus petite diſtance de foyer que le convexe ſont équivalens à un ſeul verre concave.



IV. Mais ſi le verre concave Q Q a une plus grande diſtance de foyer que le verre convexe P P, il n'eſt pas même ſuffiſant de rendre paralleles entr'eux les rayons que le ſeul verre convexe voudroit réunir dans ſon foyer F : ces rayons demeureront donc convergens, mais leur convergence ſera diminuée par le verre concave, enſorte qu'au lieu de ſe réunir en F, les rayons ſe réuniront dans un point O plus éloigné.

V. Ces deux verres joints enſemble produiront donc le même effet qu'un ſeul verre convexe ſimple, qui auroit ſon foyer en O, puiſqu'un tel verre réuniroit les rayons paralleles L M, E A, L M également dans le même point, d'où il eſt clair qu'il eſt poſſible de combiner d'une

d'une infinité de manieres, deux verres, l'un convexe & l'autre concave, de ſorte que leur combinaiſon ſoit équivalente à un verre convexe donné.

VI. Un tel verre objectif double, pourra donc être employé dans les lunettes, au lieu d'un ſimple auquel il eſt equivalent, & l'effet par rapport au groſſiſſement ſera tout à fait le même. Or l'eſpace de diffuſion ſera tout à fait différent & il peut arriver, qu'il ſoit ou plus grand, ou plus petit, que celui d'un objectif ſimple & dans ce dernier cas, l'objectif double ſera bien préférable au ſimple.

VII. Mais il y a plus; on a trouvé qu'il eſt poſſible de faire de tels arrangemens de deux verres, où l'eſpace de diffuſion eſt tout à fait réduit à rien, ce qui eſt ſans doute le cas le plus avantageux pour la perfection des Lunettes. Le calcul nous découvre ces arrangemens, mais les artiſtes ne ſont pas encore aſſés habiles pour les executer.

le 19 Mars 1762.

LETTRE CCXV.

Une telle combinaiſon de deux verres, dont je viens de donner une idée à V. A. eſt nommée un objectif compoſé, dont le but eſt, que tous les rayons, tant ceux qui paſſent par le milieu du verre que ceux qui paſſent par les bords ſoient

réunis dans un ſeul point, de ſorte qu'il ne s'y forme qu'une ſeule image, ſans aucune diffuſion, comme il arrive dans les objectifs ſimples. Si les Artiſtes réuſſiſſoient dans cette conſtruction, on en retireroit les plus grands avantages. J'en rendrai compte à V A.

D'abord il eſt évident que la repréſentation des objets doit être beaucoup plus nette & mieux terminée, puiſque la viſion n'eſt plus troublée par l'apparition de cette file d'images, qui occupent l'eſpace de diffuſion, lorsque l'objectif eſt ſimple.

Enſuite, puisque cet eſpace de diffuſion eſt l'unique raiſon, qui nous oblige de donner aux objectifs ſimples, une ſi exceſſive diſtance de foyer, pour rendre inſenſible le facheux effet qui en réſulte; en employant de tels objectifs compoſés, nous ne ſommes plus réduits à cet expedient incommode; & nous pourrons faire des lunettes incomparablement plus courtes, qui produiſent le même groſſiſſement.

Lorsqu'on veut groſſir 100 fois, en employant un objectif ſimple, ſa diſtance de foyer ne ſauroit être plus petite que de 30 pieds, & la longueur de la lunette devient encore plus grande à cauſe du verre oculaire dont la diſtance de foyer y doit être ajoutée; un moindre objectif produiroit à cauſe de ſon plus grand eſpace de diffuſion, une confuſion inſupportable. Or

une

une longueur de 30 pieds eſt non ſeulement très incommode, mais auſſi les artiſtes réuſſiſſent rarement à former des verres d'une ſi grande diſtance de foyer. V. A. en comprendra aiſément la raiſon, puiſque le rayon des faces de ce verre doit être auſſi de 30 pieds, or il eſt très difficile de décrire exactement un ſi grand cercle & la moindre aberration rend tout le travail inutile.

De tels accidens ne ſont pas à craindre dans la conſtruction des verres objectifs compoſés, qui peuvent être formés de plus petits cercles, pourvû qu'ils ſoient ſuſceptibles de l'ouverture, que le groſſiſſement exige. Ainſi pour groſſir 100 fois nous avons vu, que l'ouverture de l'objectif doit être de 3 pouces: or on pourra bien conſtruire un objectif compoſé, dont la diſtance de foyer ne ſeroit que de 100 pouces, & qui admettroit une ouverture de plus de 3 pouces: donc, puiſque la diſtance de foyer de l'oculaire doit être 100 fois plus petite, elle ſeroit d'un pouce; & l'intervalle entre les verres devant être la ſomme de leurs diſtances de foyer, la longueur de la lunette ne ſeroit que 101 pouces, qui ſont 8 pieds & 5 pouces qui eſt bien plus petite que celle de 30 pieds,

Mais il ſemble qu'un tel objectif compoſé, dont le foyer ſeroit à 50 pouces, pouroit auſſi bien admettre encore une ouverture de 3 pouces & même au delà; donc prenant l'oculaire d'un demi-pouce de foyer, on obtiendra le même

groſſiſſement de 100 fois, & la longueur de la lunette ſeroit reduite à la moitié c'eſt à dire à 4 pieds & presque 3 pouces. Une telle Lunette produiroit donc le même effet qu'une ordinaire de 30 pieds, ce qui eſt ſans doute le plus grand avantage, qu'on puiſſe ſouhaiter.

Si un tel objectif compoſé réuſſiſſoit, on n'auroit qu'à doubler toutes les meſures, pour en avoir un qui admit une ouverture de 6 pouces, & celui-cy pourroit être employé à groſſir 200 fois, en ſe ſervant d'un oculaire d'un demi-pouce de foyer, comme la deux centieme partie de la diſtance de foyer de l'objectif, qui ſeroit dans ce cas de 100 pouces. Or une lunette ordinaire qui groſſit 200 fois, ſurpaſſe la longueur de 100 pieds; pendant que celle qui eſt faite avec un objectif compoſé, ne contient qu'environ 8 pieds, & peut être employée très commodement dans la pratique, au lieu qu'une lunette de 100 pieds eſt un fardeau presque entiérement inutile.

Mais on pourroit bien pouſſer la choſe beaucoup plus loin, & doubler encore les meſures, pour avoir un objectif compoſé, dont la diſtance de foyer fût de 200 pouces ou de 16 pieds & 8 pouces, qui admette une ouverture de 12 pouces ou d'un pied; alors prenant un oculaire d'un demi-pouce de foyer, puisque 200 pouces contiennent 400 demi-pouces, on aura un lunette qui groſſira 400 fois, & qui ſera encore très bien

traita-

traitable, étant au deſſous de 17 pieds, pendant que ſi l'on vouloit produire le même groſſiſſement par un verre objectif ſimple, la longueur de la Lunette devroit ſurpaſſer 300 pieds: mais une telle lunette ne ſeroit certainement d'aucun uſage, à cauſe de ſa prodigieuſe longueur.

A Paris on a une Lunette de 120 pieds & à Londres une de 130 pieds, mais les terribles difficultés de les monter & de les diriger, anéantiſſent prèsque les avantages qu'on s'en étoit promis. Delà V. A. jugera aiſément, combien il ſeroit important, ſi l'on réuſſiſſoit dans la conſtruction de ces objectifs compoſés dont je viens de parler. J'en avois donné les premieres idées, il y a pluſieurs années & depuis ce tems les plus habiles artiſtes en Angleterre & en France travaillent à les executer; la choſe demande bien des éſſais & une grande adreſſe de la part de l'ouvrier & quoique j'aye fait faire par le méchanicien de notre Academie, quelques eſſais non ſans ſuccés, les depenſes qu'une telle entrepriſe exige, m'ont obligé d'y rénoncer.

Mais l'année paſſée la ſociété des ſciences à Londres à annoncé qu'un trés habile artiſte, nommé Dollond, en étoit venu heureuſement à bout; & maintenant on admire partout ſes Lunettes. A Paris un auſſi habile artiſte, nommé Paſſement, ſe vante d'un pareil ſuccès; l'un & l'autre m'a fait l'honneur autrefois d'entretenir une correſpondance avec moi ſur cette matiere; mais puiſqu'il

qu'il s'agiſſoit principalement de ſurmonter quéques grands obſtacles dans la pratique, ce dont je ne m'étois jamais mêlé, il eſt bien juſte que je leur abandonne la gloire de la découverte: ce n'eſt que la partie Théoretique qui m'appartient, & qui m'a couté des recherches bien profondes & des calculs des plus pénibles, dont V. A. ſeroit effrayée, à la ſeule vüe; ainſi je me garderai bien de l'entretenir ſur cette matiere épineuſe.

le 16 Mars 1762.

LETTRE CCXVI.

Pour donner cependant à V. A. quelque idée des récherches qui m'ont conduit à la conſtruction des objectifs compoſés, je dois commencer par la formation des verres ſimples. Je remarque que les deux faces d'un verre peuvent être formées d'une infinité de manieres différentes, en prenant les cercles, dont les faces ſont des parties, ou égaux ou inégaux entr'eux, de ſorte pourtant que la diſtance de foyer demeure toujours la même.

Ordinairement, on donne aux deux faces d'un verre la même figure, ou bien comme on répréſente les faces des verres par des arcs de cercles, on fait les deux faces des rayons égaux entr'eux. La commodité dans l'execution a ſans doute récommandé cette figure, puiſqu'on peut

ſe

ſe ſervir du même baſſin pour y former l'une & l'autre face, & la plupart des ouvriers n'eſt pourvûe que d'un petit nombre de baſſins.

Suppoſons donc un verre convexe, dont les deux faces ſoyent travaillées ſur un même baſſin de 24 pouces de rayon, de ſorte que chaque face ſoit un arc d'un cercle dont le rayon ſoit de 24 pouces, un tel verre eſt nommé également convexe des deux côtés, & il aura ſon foyer à la diſtance de 24 pouces, comme on l'eſtime communement; mais comme le foyer dépend de la réfraction, & que la réfraction n'eſt abſolument pas la même dans toutes les eſpeces de verres où ſe trouve une diverſité aſſés conſiderable ſelon que le verre eſt plus ou moins blanc & dur; cette eſtime du foyer n'eſt pas juſte à la rigueur, & ordinairement la diſtance de foyer du verre eſt un peu moindre, que le rayon de ces deux faces, tantôt de la dixieme partie, tantôt de la douzieme; ainſi le verre que je viens de ſuppoſer & dont les rayons de chaque face ſont de 24 pouces, aura ſon foyer à une diſtance de 22 pouces environ, s'il eſt travaillé de la même ſorte de verre dont on fait communement les miroirs; quoiqu'on rencontre auſſi dans cette eſpece de verres une petite diverſité par rapport à la réfraction.

Maintenant je remarque qu'en faiſant les deux faces du verre inégales, on peut former une infinité d'autres verres, qui ont tous la même diſtance

distance de foyer : car en prennant le rayon d'une face plus petit que de 24 pouces, on prendra le rayon de l'autre face d'autant plus grand, selon une certaine proportion ; & toujours on peut prendre le rayon d'une face à volonté, & par le moyen d'une certaine regle trouver le rayon de l'autre face, afin que la distance de foyer devienne la même, que si l'une & l'autre face avoit 24 pouces de rayon. La table suivante offre plusieurs verres pareils, qui ont tous la meme distance de foyer.

Verres	Rayon de la I^e face	Rayon de la II^de face
I.	24	24
II.	21	28
III.	20	30
IV.	18	36
V.	16	48
VI.	15	60
VII.	14	84
VIII.	13	156
IX.	12	infini

Dans la derniere forme le rayon d'une face n'eſt que de 12 pouces, ou la moitié de 24 pouces, mais le rayon de l'autre devient infini, ou bien, cette face eſt un arc d'un cercle infiniment grand ; & comme un tel arc ne differe plus d'une ligne droite, cette face ſera plane, & ce verre plano-convexe.

Si nous voulions prendre le rayon d'une face encore plus petit que de 12 pouces, l'autre face doit être faite concave, & le verre deviendra convexo-concave, & portera alors le nom de menisque dont voici auſſi pluſieures figures.

Menisque	Rayon de la face convexe	Rayon de la face concaue.
X.	11	132
XI.	10	60
XII.	9	36
XIII.	8	24
XIV.	6	12
XV.	4	6
XVI.	3	4

Voilà donc encore une nouvelle eſpece de verres, dont la derniere eſt répreſentée dans la figure cy-jointe, de ſorte que nous avons ici 16 eſpeces différentes, qui ont toutes leurs foyers à la même diſtance qui ſera environ de 22 pouces, ou un peu plus ou moins, ſelon la nature du verre.

Donc

Donc, quand il n'eſt queſtion que de la diſtance de foyer que le verre doit avoir, il eſt indifférent ſelon laquelle de ces formes on le veuille travailler : mais il s'y trouve une très grande différence dans l'eſpace de diffuſion, auquel chaque eſpece eſt aſſujettie, cet eſpace devenant dans les unes plus petit que dans les autres. Quand on veut employer un verre objectif ſimple, comme à l'ordinaire, il n'eſt plus indifférent de quelle eſpece on tire ſa figure, celle là ſera ſans doute la plus preferable, qui produit le plus petit eſpace de diffuſion. Or cette belle propriété ne convient pas à la premiere eſpece, où les deux faces ſont égales, mais à peu près à la VII eſpece, qui eſt douée de cette prérogative, que lorſqu'on tourne vers l'objet, ſa face plus convexe, ou celle dont le rayon eſt plus petit, alors l'eſpace de diffuſion ſe trouve environ de la moitié plus petit, que ſi le verre étoit également convexe des deux côtés ; c'eſt donc la figure la plus avantageuſe qu'il faut donner aux verres objectifs ſimples, & auſſi les Practiciens ſont d'accord là deſſus.

Delà il eſt clair que pour juger de l'eſpace de diffuſion de quelque verre, il ne ſuffit pas d'en connoitre la diſtance de foyer, mais il faut ſavoir ſon eſpece, c'eſt à dire les rayons de l'une & de l'autre face, & encore bien diſtinguer la quelle eſt tournée vers l'objet.

Après cette explication, je remarque que pour chercher la combinaiſon de deux verres qui ne produiſent aucune diffuſion d'image, il faut abſolument tenir compte de la figure des deux faces de chaque verre, & qu'on a ce probleme à réſoudre, *quels doivent être les rayons des faces des deux verres, afin que l'eſpace de diffuſion ſoit réduit à rien?* La ſolution de cette queſtion demande les plus profondes recherches de la plus ſublime géometrie; mais après en être venû à bout, l'artiſte trouve encore bien des difficultés à ſurmonter; il lui faut donner aux baſſins préciſement la même courbure que le calcul a enſeigné, & cela n'eſt pas encore ſuffiſant, car pendant qu'on travaille le verre ſur le baſſin pour lui en faire prendre la figure, le baſſin même en ſouffre auſſi à ſon tour; on eſt donc obligé de rectifier la figure du baſſin de tems en tems, & cela avec la plus grande juſteſſe, dès qu'on manque dans toutes ces précautions, on ne ſauroit ſe promettre un heureux ſuccès; auſſi eſt-il bien difficile, d'empecher que le verre ne prenne une figure un peu différente de celle du baſſin; d'où V. A. jugera aiſément combien il doit être difficile de porter à ſa perfection cet important article de la Dioptrique.

le 20 Mars 1762.

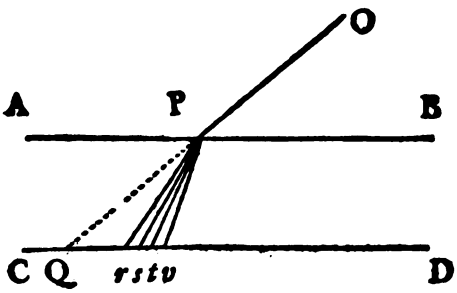
LETTRE CCXVII.

V. A. vient de voir, de quelle maniere on doit rémédier à l'inconvenient, que les rayons

qui paſſent par les bords d'un verre ne ſe réuniſſent pas dans le même point, dans lequel ſont réunis ceux qui paſſent par ſon milieu, de ſorte qu'il en nait une infinité d'images diſperſées par l'eſpace de diffuſion. Mais cet inconvenient n'eſt pas le ſeul, au quel les verres ſoient aſſujettis, il y en a encore un autre, qui eſt d'autant plus important qu'il ſemble impoſſible d'y remedier, parceque la cauſe ne ſe trouve pas dans le verre, mais dans la nature des rayons mêmes.

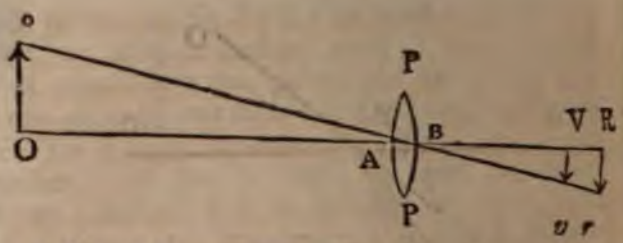
V. A. ſe ſouvient qu'il regne une grande variété dans les rayons, par rapport aux diverſes couleurs dont ils nous impriment le ſentiment; j'ai comparé cette diverſité avec celle qu'on trouve dans les tons, ayant établi pour principe, que chaque couleur eſt attachée à un certain nombre de vibrations. Mais quand même cette explication paroitroit encore douteuſe, il eſt toujours très certain que les rayons des diverſes couleurs ſouffrent auſſi de differentes réfractions, en paſſant d'un milieu transparent dans un autre; ainſi les rayons rouges ſouffrent la moindre réfraction, & les violets la plus grande, quoique la différence ſoit presque imperceptible. Or toutes les autres couleurs comme l'orange, le jaune, le verd, & le bleu ſont à l'égard de la réfraction contenuës entre ces deux limites. Il faut auſſi remarquer que le blanc eſt un mélange de toutes ces couleurs, qui par la réfraction ſe ſéparent les unes des autres.

En



En effet quand on fait tomber obliquement un rayon blanc O P, ou un rayon de ſoleil, ſur un morceau de verre A B C D, au lieu de continuer ſa route ſuivant ſa direction P Q, non ſeulement il en eſt détourné, mais il ſe partage encore en pluſieurs rayons P *r*, P *s*, P *t*, P *v*, dont le premier P *r*, qui eſt le moins détourné répréſente la couleur rouge & le dernier P *v* qui eſt le plus détourné la couleur violette; la diſperſion *r v* eſt bien plus petite que ne le répréſente la figure, cependant leur divergence devient de plus en plus ſenſible.

De cette différente réfrangibilité des rayons, ſelon leurs diverſes couleurs, naiſſent les phénomenes ſuivans par rapports aux verres dioptriques.



I. Soit P P un verre convexe, ſur l'axe duquel O R ſe trouve dans un très grand éloignement A O l'objet O *o*, dont il s'agit de déterminer l'image répréſentée par le verre, en faiſant ici abſtraction de la premiere irrégularité qui régarde la diffuſion, ou bien ce qui révient au même, en ne conſiderant ici que les rayons qui paſſent par le milieu du verre A B, tout comme ſi ſes bords étoient couverts d'un carton.

II. Suppoſons maintenant que l'objet O *o* ſoit rouge, de ſorte que tous ſes rayons auſſi ſoient de la même nature, le verre en répréſentera quelque part l'image R *r* également rouge: alors on nomme le point R le foyer des rayons rouges, ou de ceux qui ſouffrent la moindre réfraction.

III. Mais ſi l'objet O *o* eſt violet, puiſque les rayons de cette couleur ſouffrent la plus grande réfraction, l'image V *v* ſera plus proche du verre, que la précédente R *r*; Ce point V eſt nommé le foyer des rayons violets.

IV. Si l'objet étoit teint de quelque autre couleur, moyenne entre la rouge & la violette,

lette, l'image tomberoit entre les lieux R & V, & ſeroit toujours bien nette, & terminée par la droite *o* B tirée de l'extrémité de l'objet *o* par le milieu du verre; cette regle étant générale pour toutes les couleurs.

V. Mais ſi la couleur de l'objet n'eſt pas pure, comme il arrive presque dans tous les corps: ou que l'objet O*o* ſoit blanc, ce qui eſt un mélange de toutes les couleurs, alors les diverſes eſpeces de rayons ſont ſéparées par la réfraction, & chacune répréſentera une image à part. Celle qui eſt formée par les rayons rouges, ſe trouvera en R*r*, & celle qui eſt formée par les rayons violets, en V*v*; or tout l'eſpace RV ſera rempli par les images des couleurs moyennes.

VI. De chaque objet donc O*o*, le verre PP répréſentera une infinité d'images, diſpoſées par le petit eſpace R V, dont la plus éloignée du verre R*r* eſt rouge & la plus proche V*v* violette, & les moyennes, des couleurs moyennes; ſelon l'ordre des couleurs que nous voyons dans l'arc en ciel.

VII. Chacune des ces images ſera bien nette en elle même, & toutes ſont terminées par la ligne droite *o*B*vr* tirée de l'extrêmité de l'objet *o* par le milieu du verre B. Mais toutes enſemble ne ſauroient être vües ſans une confuſion aſſez ſenſible.

VIII. De là nait donc auſſi un eſpace de diffuſion comme dans la premiere irrégularité, mais qui en diffère en ce que celui-ci eſt indépendant de l'ouverture du verre, & que chaque image eſt teinte d'une couleur particuliere.

IX. Cet eſpace de diffuſion R V, dépend de la diſtance de foyer du verre, de ſorte qu'il en eſt toujours environ la 28me partie; ainſi quand la diſtance de foyer du verre P P eſt de 28 pieds, l'eſpace R V devient égal à un pied entier, ou bien la diſtance entre l'image rouge R r & la violette V v, eſt d'un pied. Si la diſtance de foyer étoit deux fois plus grande ou de 56 pieds, l'eſpace R V ſeroit de 2 pieds & ainſi des autres.

X. De là l'eſtime de la diſtance de foyer d'un verre devient incertaine, puiſque les rayons de chaque couleur ont leur foyer à part: & quand on parle du foyer d'un verre il faudroit toujours s'expliquer de quelle couleur on l'entend. Mais communement on l'entend des rayons d'une nature moyenne entre le rouge & le violet, & qui répond à la couleur verte.

XI. Ainſi quand on dit ſans s'expliquer d'avantage, que la diſtance de foyer de tel verre eſt par exemple de 56 pieds, il faut entendre que c'eſt l'image verte qui tombe à cet-

te

te diſtance ; l'image rouge tombera alors d'un pied environ plus loin & la violette d'un pied plus près.

Voila donc une nouvelle circonſtance bien eſſentielle, à la quelle il faut avoir égard dans les inſtrumens dioptriques.

le 23 Mars 1762.

LETTRE CCXVIII.

Il faut bien diſtinguer cette nouvelle diffuſion, ou multiplication de l'image, qui vient de la diverſe réfrangibilité des rayons, en ce qu'ils ſont de différentes couleurs, de la précédente qui provenoit de l'ouverture du verre, & de ce que les rayons qui paſſent près des bords forment un autre image, que ceux qui paſſent par ſon milieu. Auſſi faut il rémédier à ce nouvel inconvenient d'une tout autre façon qu'au premier.

V. A. voudra bien ſe ſouvenir, que j'ai propoſé deux moyens pour rémedier à l'inconvenient précedent ; l'un conſiſtoit dans l'aggrandiſſement de la diſtance de foyer, pour diminuer la courbure des faces du verre ; ce remede nous avoit conduit à des lunettes ſi extrêmement longues, lorsqu'on ſouhaitoit un grand groſſiſſement. L'autre remede conſiſtoit dans la combinaiſon de deux verres, l'un convexe &

l'autre concave, pour temperer la réfraction, de façon que tous les rayons transmis par les verres se réunissent dans le même point, & que l'espace de diffusion fût reduit à rien.

Mais ni l'un ni l'autre de ces remedes ne nous apporte aucun secours dans ce nouvel inconvénient, causé par la différente refrangibilité des rayons. Le premier produit même un effet tout contraire, puisque, plus on augmente la distance de foyer du verre, plus l'espace, par lequel les images colorées sont dispersées, devient considerable: la combinaison de deux, ou plusieurs verres, n'est pas non plus d'aucun secours, & on a trouvé, tant par l'experience, que par la théorie, que les images de differentes couleurs demeurent toujours séparées quelque grand que soit le nombre des verres, par lesquels on fait passer les rayons, & que la différence devient d'autant plus grande, que la lunette doit grossir davantage.

Cette circonstance a tellement effrayé le grand Newton, qu'il a désespéré de rémédier à ce défaut, qu'il croyoit absolument inséparable de tous les instrumens dioptriques, où la vision se fait par des rayons réfractés. Par cette raison il a pris le parti de renoncer entiérement à la réfraction & a formé le dessein d'employer des miroirs au lieu des verres objectifs, puisque la réflexion est toujours la même pour tous les rayons; cette idée nous a procuré ensuite ces ex-

excellens Teleſcopes à réflexion, dont on admire les effets ſurprenans, & dont je parlerai exprès un autre fois, quand j'aurai rapporté tout ce qui regarde les inſtrumens à réfraction.

Lorsque j'ai été convaincu, qu'il étoit impoſſible de rémédier à la diverſe réfrangibilité des rayons, par la combinaiſon de pluſieurs verres, j'ai remarqué que la raiſon en eſt fondée ſur la loy de réfraction, qui eſt la même dans toutes les eſpeces de verres; & je me ſuis apperçu, que ſi l'on pouvoit employer d'autres matiéres tranſparentes, dont la réfraction fût aſſés conſidérablement différente de celle du verre, il ſeroit bien poſſible de combiner une telle matiére avec le verre, de ſorte que tous les diff'rens rayons ſe réuniſſent à former une ſeule image, ſans qu'il y eut une eſpace de diffuſion. J'ai enſuite mieux ſuivi cette idée, & j'ai trouvé moyen de compoſer de verre & d'eau des objectifs tout à fait delivrés de l'effet de la diverſe réfrangibilité des rayons, qui par conſéquent dévroient produire un auſſi bon éffet que les miroirs de Newton.

Or j'ai executé cette idée par deux ménisques, ou verres concavo-convexes dont l'un eſt A A C C & l'autre B B C C, que j'ai joints enſemble par leurs faces concaves, en rempliſſant d'eau le vuide qui réſtoit entr'elles, de ſorte que les rayons qui ſont entrés par le verre A A C C doivent traverſer l'eau contenüe entre les deux verres, avant de ſortir par l'autre verre C C B B. Chaque rayon ſouffre donc quatre réfractions, la premiere en entrant de l'air dans le verre A A C C, la ſeconde en paſſant de ce verre dans l'eau, la troiſieme en paſſant de l'eau dans l'autre verre C C B B, la quatrieme en ſortant de ce verre dans l'air.

A C B

Comme les quatres faces de ces deux verres entrent ici en conſidération, j'ai trouvé moyen d'en déterminer les demi-diametres, enſorte que, de quelque couleur que ſoit un rayon de lumiere, après avoir ſouffert ces quatres réfractions, il ſe réunit dans le même point, & que la diverſe réfrangibilité ne produiſe plus des diverſes images.

Ces objectifs compoſés de deux verres & d'eau, tomboient trop d'abord dans le premier inconvenient, que les rayons qui paſſent près des bords forment un autre foyer que ceux qui paſſent par le milieu, mais après des récherches bien pénibles j'ai trouvé moyen de proportioner les rayons des quatre faces de façon que ces objectifs compoſés duſſent être délivrés tout à la fois des inconviens de l'une & de l'autre

claſſe

claſſe. Mais il falloit pour cela ſi éxactement exécuter toutes les méſures préſcrites par le calcul, que la moindre aberration faiſoit échouer tous les avantages qu'on en attendoit, de ſorte que je ne voulûs plus inſiſter ſur la conſtruction de ces objectifs.

D'ailleurs ce projet ne rémedieroit qu'aux inconvéniens qui ſont à craindre de la part du verre objectif & le verre oculaire ne manqueroit pas de produire un effet pareillement facheux, au quel il n'eſt pas poſſible de rémédier de la même maniere. Souvent auſſi, on ſe ſert de pluſieurs oculaires, pour conſtruire des lunettes comme j'aurai l'honneur de l'expliquer dans la ſuite, & ainſi on ne gagneroit pas grand-choſe ſi l'on s'arrêtoit trop ſcrupuleuſement au ſeul objectif, en négligéant les autres verres quoique leur effet ſoit peu ſenſible par rapport à celui de l'objectif.

Mais quelques peines que m'ayent couté ces recherches je dois avouer franchement, que je renonce à préſent entierement à la conſtruction de tels objectifs, compoſés de verres & d'eau; non ſeulement à cauſe de leur exécution trop embaraſſée, mais auſſi parceque j'ai découvert depuis d'autres moyens, non pas de détruire l'effet de la diverſe refrangibilité des rayons, mais de le rendre inſenſible, ſur quoi j'aurai l'honneur d'entrétenir V. A. l'ordinaire prochain.

le 27 Mars 1762.

LET-

LETTRE CCXIX.

Lorsque les Téleſcopes à réflexion ſont venus en vogue, on a tellement decrié les lunettes à réfraction, qu'on devoit croire qu'elles ne meriteroient plus d'autre ſort que d'être rejettées entiérement. Auſſi, dépuis ce tems, à-t-on négligé, tout-à-fait leur conſtruction dans la ferme perſuaſion, que tous les ſoins qu'on ſe donneroit auſſi pour les perfectioner, ſeroient inutiles, attendu que le grand Newton avoit démontré, que les effets facheux de la diverſe réfrangibilité des rayons, étoient abſolument inſéparables de la conſtruction des Lunettes.

Selon ce ſentiment toutes les lunettes ne nous ſauroient répréſenter les objets qu'avec une confuſion inſupportable, & cela d'autant plus, que le groſſiſſement ſeroit plus grand. Cependant, quoiqu'on trouve des lunettes extrêmement défectueuſes à cet égard, on en trouve auſſi quelques fois de très bonnes, qui ne cedent en rien aux Teleſcopes à réflexion tant vantés. C'eſt ſans doute un très grand paradoxe; car ſi ce défaut qu'on reproche aux lunettes, étoit bien fondé, on n'en dévroit trouver aucune, qui en fût exempte: parconſéquent cette exception dont l'expérience nous aſſure, mérite toute notre attention.

Il s'agit donc d'approfondir la véritable raiſon pourquoi quelques lunettes répréſentent aſſés nettement les objets, pendant que d'autres ne ſont que trop aſſujetties au défaut cauſé par la différente

férente réfrangibilité des rayons. Je crois en avoir découvert la raiſon & je vais la propoſer à V. A. par les réflexions ſuivantes.

I. Il eſt très certain que le verre objectif répréſente une infinité d'images de chaque objet, qui toutes ſe trouvent rangées ſur l'eſpace de diffuſion, & dont chacune eſt teinte de ſa propre couleur, comme je l'ai prouvé dans ma lettre précédente.

II. Chacune de ces images devient un objet par rapport au verre oculaire qui en répréſente chacune ſéparement avec la couleur qui lui eſt propre, de ſorte que l'oeil découvre par la lunette une infinité d'images diſpoſées dans un certain ordre ſelon la réfraction des verres.

III. Et ſi, au lieu d'un verre oculaire, on en employe pluſieurs, il arrivera toujours la même choſe, & au lieu d'une image, la lunette en répréſentera à l'oeil une infinité, ou bien une file d'images, dont chacune exprime à part l'objet, mais d'une couleur particuliere.

IV. Conſiderons donc les dernieres images que la lunette offre à l'oeil placé en O ; & ſoit R *r* l'image rouge, & V *v* la violette, celles des autres couleurs ſe trouvant entre ces deux ſelon l'ordre de leur differente réfrangibilité. Dans cette figure je n'ai pas indiqué les verres de la lunette, puiſqu'il s'agit uniquement de quelle maniere l'oeil voit ces images. Il faut ſeulement enviſager la diſtance de l'oeil O de ces images comme très grande.

V. Toutes ces images R *r* & V *v* avec les moyennes, ſont donc ſituées ſur l'axe de la lunette O R V, & terminées par une certaine ligne droite *r v*, qui eſt nommée la terminatrice de toutes les images.

VI. Comme j'ai répréſenté ces images dans la figure, l'image rouge R *r* eſt vûe par l'oeil en O ſous l'angle R O *r*, qui eſt plus grand que l'angle V O *v*, ſous lequel eſt vûe l'image violette V *v*. Donc les rayons violets qui entrent de l'image V *v*, dans l'oeil, ſe mêlent avec les rouges qui viennent de la partie R *n* de l'image rouge R *r*.

VII. Par conſéquent, l'oeil ne ſauroit voir l'image violette ſans un melange de rayons d'autres couleurs, mais qui répondent à différens points

points de l'objet même ; ainſi le point *u* de l'image rouge eſt confondu dans l'œil avec l'extrêmité *v* de l'image violette, d'où doit naitre une grande confuſion.

VIII. Or le rayon *r* O n'étant point mêlé par d'autres, l'extrêmité vûe, paroitra rouge, ou bien l'image vûe, ſemblera bordée de rouge qui ſe mêle enſuite avec les autres couleurs ſucceſſivement ; de ſorte que l'objet paroitra bordé des couleurs d'iris, ce qui eſt un défaut très commun dans les lunettes, auquel cependant quelques unes ſont moins ſujettes que d'autres.

IX. Si la plus grande image R*r* étoit la violette & V*v* la rouge, la confuſion ſeroit également inſupportable avec cette ſeule différence que les extrêmités de l'objet paroitroient alors bordées de violet au lieu de rouge.

X. La confuſion dépend donc de la poſition de la droite terminatrice *r v* par rapport à la ligne V O & de la diverſité qui y peut avoir lieu ; d'où il arrivera, que la confuſion ſera tantot plus grande, tantot plus petite.

XI. Conſiderons maintenant le cas, où les dernieres images répréſentées par la lunette ſont tellement arrangées que la droite terminatrice *vr* étant prolongée, paſſe préciſément dans l'oeil. Alors l'oeil verra par un ſeul rayon *vr*O toutes les extrêmités des images; & en général tous les points, qui répondent à un même point de l'objet, ſeront portés dans l'oeil par un ſeul rayon; & par conſéquent ils y ſeront répréſentés diſtinctement.

XII. Voilà donc le cas, où il peut arriver, que nonobſtant la diverſité des images, l'oeil voïe l'objet diſtinctement, ſans que diverſes parties en ſoient confondues enſemble, comme il eſt arrivé dans le cas précédent. Ce cas avantageux a donc lieu, lorſque la ligne terminatrice *vr* étant prolongée, paſſe par le lieu de l'oeil O.

XIII. Comme l'arrangement des dernieres images R*r* & V*v* dépend de la diſpoſition des verres oculaires, pour délivrer les lunettes du défaut qu'on leur réproche, il ne s'agit que d'arranger ces verres, enſorte que la ligne terminatrice des dernieres images *vr* paſſe par l'oeil; & les lunettes, où celà arrive, ſeront toujours excellentes.

le 30 Mars 1762.

LET-

LETTRE CCXX.

En raſſemblant ce que j'ai expliqué jusqu'ici, V. A. conviendra aiſément, que c'eſt une choſe bien rare & très precieuſe qu'une lunette excellente à tous égards, & qui ne ſoit aſſujettie à aucun défaut; puisqu'il faut avoir égard à tant de circonſtances, dont chacune influe très eſſentiellement ſur la conſtruction des bonnes Lunettes. Comme le nombre des bonnes qualités eſt conſiderable, afin qu'aucune n'échape à notre attention, il ſera bon de les mêttre ici toutes à la fois devant les yeux de V. A.

I. La premiere qualité regarde le groſſiſſement; & plus une lunette groſſit les objets, plus eſt elle ſans doute parfaite, pourvû qu'aucune des autres bonnes qualités n'y manque. Or le groſſiſſement ſe juge par le nombre de fois, que le diametre des objets paroit plus grand qu'à la vüe ſimple: V. A. ſe ſouviendra, que cela arrive autant de fois dans les lunettes à deux verres, que la diſtance de foyer du verre objectif ſurpaſſe celle de l'oculaire. Dans les Lunettes à pluſieurs verres ce jugement eſt plus embarraſſé.

II. La ſeconde qualité d'une bonne lunette eſt la clarté. Une lunette eſt toujours fort défectueuſe, lorsqu'elle répréſente les objets obſcurément, ou comme dans un brouillard. Pour eviter cet inconvenient, il faut que le verre objectif ait une ouverture ſuffiſante, dont la méſure ſe regle ſur le groſſiſſement. Les Artiſtes ont établi cette regle, que pour

groſſir 300 fois, le diametre de l'ouverture de l'objectif doit être de trois pouces & pour tout autre groſſiſſement à porportion. Or lorsque les objets ne ſont pas fort lumineux d'eux mêmes, il eſt bon de donner à l'objectif encore une plus grande ouverture que ſelon cette regle.

III. La tr[illegible] conſiſte dans la diſtinction ou [illegible] répréſentation. Pour cet effe[illegible] les rayons qui paſſent par les bords [illegible]jectif ſe réuniſſent au même point qu[illegible] qui paſſent par le milieu, ou que du moi[illegible]erration ne ſoit pas ſenſible. Quand on [illegible]rt d'un objectif ſimple, il faut que ſa diſt[illegible] de foyer ſurpaſſe une certaine limite, qui ſe rapporte au groſſiſſement. Ainſi quand on veut groſſir 100 fois, il faut que la diſtance de foyer de l'objectif ſoit de 30 pieds au moins; de ſorte que c'eſt la diſtinction qui nous impoſe la néceſſité de faire des lunettes ſi exceſſivement longues, lors qu'on demande un très grand groſſiſſement. Or pour rémédier à cet inconvenient, on peut ſe ſervir d'un objectif compoſé de deux verres, & ſi les Artiſtes réuſiſſoient dans leur conſtruction, on ſeroit en état de racourcir le slunettes très conſiderablement pour le même groſſiſſement. A cette occaſion V. A. voudra bien ſe ſouvenir de ce que j'ai eu l'honneur de dire fort au long ſur ce ſujet.

IV.

IV. La quatrieme qualité regarde auſſi la netteté ou la pureté de la répréſentation, entant qu'elle eſt troublée par la diverſe réfrangibilité des rayons de différentes couleurs. J'ai fait voir de quelle maniere il eſt poſſible de rémédier à cet inconvenient : & comme il eſt impoſſible, que les images formées par les differens rayons ſoient réunies dans une ſeule, il s'agit d'arranger les verres d'une certaine maniere que j'ai expliqué dans ma lettre précédente ; c'eſt-à-dire, que la ligne terminatrice des dernieres images, paſſe par l'oeil. A moins que cela n'arrive, la lunette aura le défaut de répréſenter les objets environnés des couleurs d'iris, & ce défaut s'évanouit quand on arrange les verres de la maniere démontrée. Or pour cet effet il faut employer plus que deux verres, afin qu'on ait le pouvoir de les arranger comme il faut. Jusqu'ici je n'ai parlé que des lunettes compoſées de deux verres, dont l'un eſt l'objectif & l'autre l'oculaire, & V. A. ſait que leur éloignement eſt déjà determiné par les diſtances des foyers, de ſorte qu'on n'eſt plus le maître d'y rien changer. Cépendant il arrive heureuſement, que la ligne terminatrice, dont j'ai parlé, paſſe à peu près par le lieu de l'oeil, de ſorte que le défaut des couleurs d'iris n'eſt près que point ſenſible, pourvuqu'on ait rémédié au défaut précedent, ſurtout quand le groſſiſſement n'eſt pas très grand. Mais dans les très grands groſſiſſemens il eſt bon d'em-

ployer deux verres oculaires, pour anéant entiérement les couleurs d'iris; puisque da ce cas les moindres défauts étant égalemer groſſis, deviennent inſupportables.

V. La cinquieme & la derniere bonne quali des lunettes, eſt un grand champ apparent, o l'eſpace que la lunette nous découvre à fois. V. A. ſe ſouvient, que les petites lo gnetes de poche à un oculaire concave o le défaut d'un trop petit champ, qui les re incapable de groſſir beaucoup. L'autre eſpe qui a l'oculaire convexe, eſt moins aſſujettie ce défaut, mais comme celle-ci répréſen les objets renverſés, les lunettes de la pr miere eſpece ſeroient pourtant beaucoup me leures, ſi elles nous découvroient un pl grand champ. Or ce champ dépend de l'o verture du verre oculaire, & V. A. compre aiſément, qu'on ne ſauroit augmenter ce ouverture à volonté, attendû qu'elle eſt d déterminée par ſa diſtance de foyer. Or employant deux ou trois ou même pluſieu verres oculaires, on a trouvé moyen de rend le champ apparent plus grand; & c'eſt u nouvelle raiſon qui démande pluſieurs verre pour conſtruire des lunettes qui ſoient bon à tous égards.

A ces bonnes qualités, on pourroit encore jouter celle-cy, que la répréſentation ne ſ pas renverſée, comme il arrive dans les lunet aſtronomiques, mais il eſt aiſé de rémedie

ce défaut, ſi c'en eſt un, en ajoutant encore deux verres oculaires comme j'aurai l'honneur de l'expoſer l'ordinaire prochain.

le 3 Avril 1762.

LETTRE CCXXI.

Je me ſuis arrêté bien longtems aux Lunettes compoſées de deux verres convexes, qui ſont connues ſous le nom de tubes aſtronomiques, puiſqu'on s'en ſert communement pour obſerver les étoiles.

V. A. comprendra aiſément pourquoi l'uſage de ces inſtrumens, quelqu'excellens qu'ils ſoient, ſe borne uniquement au ciel; la raiſon en eſt, puiſqu'ils répréſentent les objets dans une ſituation renverſée, ce qui devient effectivement un grand défaut, lorſqu'on veut contempler des objets terreſtres, que nous voudrions voir dans leur ſituation naturelle. Or après la découverte de cette eſpece de lunettes, on a trouvé bientôt moyen de rémédier à ce défaut, en doublant pour ainſi dire la même lunette. Car puiſque deux verres renverſent les objets ou répréſentent leurs images renverſées, on n'a qu'à regarder ces mêmes images encore par une telle lunette compoſée de deux verres, pour les renverſer encore une fois, & alors cette ſeconde répréſentation nous offrira les objets debout. Delà nait une nouvelle eſpece de lunettes, compoſées

de quatres verres, qu'on nomme, des Lunettes terreſtres puisqu'elles ſont deſtinées à contempler les objets terreſtres. Voici leur conſtruction. La figure ſe trouve ſur la feuille ſéparée *pag.* 344

I. Les quatres verres A, B, C, D, enchaſſés dans le tuyau M M N N répréſentent la lunette en queſtion, dont le premier A dirigé vers les objets eſt nommé l'objectif, & les trois autres B, C, D, les oculaires. Tous ces quatres verres ſont convexes, & l'oeil doit être placé au bout du tuyau dans une certaine diſtance du dernier oculaire D, dont j'expliquerai la détermination dans la ſuite.

II. Conſiderons les effets, que chaque verre doit produire, quand l'objet O *o*, qu'on régarde par la lunette, ſe trouve à une diſtance fort grande, d'abord le verre objectif répréſentera l'image de cet objet en P *p* à la diſtance de ſon foyer, dont la grandeur eſt déterminée par la ligne droite tirée de l'extremité *o*, par le milieu du verre A; cette ligne n'eſt pas exprimée dans la figure, pour ne la pas trop charger de lignes.

III. Cette image P *p* tient lieu de l'objet par rapport au ſecond verre B, qu'on place deſorte que l'intervalle B P ſoit égal à ſa diſtance de foyer; afin que la ſeconde image en ſoit transportée à l'infini comme en Q *q* qui ſera renverſée comme la premiere P *p*, & terminée par la ligne droite tirée du milieu du verre B, par l'extrêmité *p*.

IV.

IV. L'intervalle entre ces deux premiers verres A B, eſt donc égal à la ſomme de leurs diſtances de foyer; & ſi l'on tenoit l'oeil derriere le verre B on auroit une lunette aſtronomique par laquelle on verroit l'objet O *o* en Q *q* & conſequement renverſée & groſſi autant de fois, que la diſtance A P ſurpaſſe la diſtance B P. Mais au lieu de l'oeil on place derriere le verre B à quelque diſtance, le troiſieme verre C, par rapport auquel l'image Q *q* tient lieu de l'objet, puiſqu'il réçoit éffectivement les rayons de cette image Q *q*. Laquelle ſe trouvant à une très grande diſtance, le verre C en répréſentera l'image à ſa diſtance de foyer en R *r*.

V. Maintenant l'image Q *q* étant à rébours, cette nouvelle image R *r* ſera débout, & terminée par la ligne droite qu'on tireroit de l'extrêmité *q* par le milieu du verre C, laquelle paſſeroit par le point *r*. Par conſéquent les trois verres A, B, C enſemble, répréſentent l'objet O *o* en R *r*, & cette image R *r* eſt débout.

VI. Enfin on n'a qu'à placer le dernier verre de façon, que l'intervalle D R ſoit égal à ſa diſtance de foyer; ce verre éloignera encore l'image R *r* à l'infini, comme en S *s* dont l'extrêmité *s* ſera déterminée par la ligne droite, qu'on tireroit du milieu du verre D par l'extrêmité *r*, & l'oeil placé derriere ce

verre, verra effectivement l'image S *s* au lieu du veritable objet O *o*.

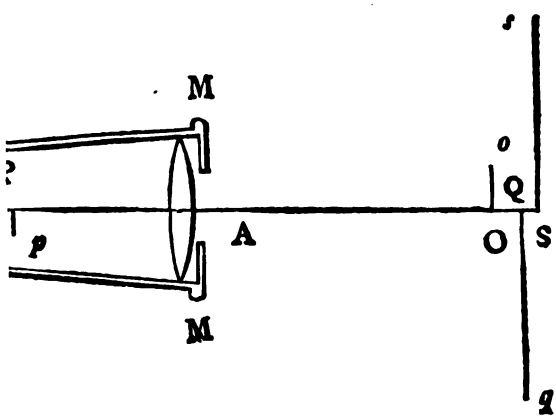
VII. Delà il eſt aiſé de juger, combien de fois cette lunette compoſée de quatre verres, doit groſſir les objets; on n'a qu'à avoir égard aux deux couples de verres, A B & C D dont chaqu'une, ſéparement, ſeroit une lunette Aſtronomique. La premiere paire de verres A & B groſſit autant de fois, que la diſtance de foyer du premier verre A ſurpaſſe celle du ſecond verre B; & c'eſt autant de fois que l'image, qui en eſt formée Q *q* eſt plus grande que le véritable objet O *o*.

VIII. Enſuite cette image Q *q* tenant lieu de l'objet par rapport à l'autre paire de verres C & D, elle ſera encore multipliée autant de fois, que la diſtance du verre C ſurpaſſe celle du verre D. Ces deux groſſiſſemens joints enſemble, fourniſſent le vrai groſſiſſement, que tous les quatres verres produiſent.

IX. Ainſi, ſi la premiere paire de verres A & B groſſiſſoit 10 fois, & l'autre paire de verres C & D trois fois; la lunette groſſiroit 3 fois 10 fois c'eſt à dire trente fois les objets; & l'ouverture du verre objectif A, doit répondre à ce groſſiſſement, ſelon la regle que j'ai établie cy-deſſus.

X. Dela

CCXXI.



X. Dela V. A. voit, que ſi l'on ôte d'une lunette terreſtre les deux derniers verres C & D, on aura une lunette aſtronomique, & que les deux verres C & D répréſentent auſſi une telle lunette, de ſorte qu'une lunette Terreſtre eſt compoſée de deux lunettes Aſtronomiques; réciproquement donc auſſi deux lunettes Aſtronomiques jointes eſſemble produiſent une lunette terreſtre.

Cette conſtruction eſt donc ſuſceptible d'une infinité de variations, dont les unes ſont préférables aux autres; comme j'aurai l'honneur de l'expliquer dans la ſuite.

le 6 Avril 1762.

LETTRE CCXXII.

V. A. vient de voir, comment en ajoutant à une lunette Aſtronomique encore deux verres convexes, il en réſulte une lunette terreſtre qui nous répréſente les Objets débout. Or ces quatre verres, dont une lunette terreſtre eſt compoſée, ſont ſuſceptibles d'une infinité d'arrangemens différens, tant par rapport à leurs diſtances, qu'à leurs foyers. Je vais expliquer ceux qui ſont les plus eſſentiels. La figure ſe trouve à la *pag. 348.*

I. Par rapport à leurs diſtances, j'ai déjà rémarqué que celle des deux premiers verres A B eſt la ſomme de leurs diſtances de foyers,

de même que celle des deux derniers verres CD, l'une & l'autre paire pouvant être régardée comme une lunette ſimple compoſée de deux verres convexes. Mais qu'elle doit être la diſtance entre les deux verres du milieu B C? ſeroit-elle bien permiſe à nôtre bon plaiſir? puisqu'il eſt certain, que ſoit qu'on la prenne plus grande ou plus petite, le groſſiſſement qui eſt toujours compoſé des deux groſſiſſemens que chaque paire produiroit ſéparement, demeure le même.

II. Or à ne conſulter que l'experience, on appercevra bientôt, qu'en approchant beaucoup les deux verres du milieu, le champ apparent s'évanouit presque tout-à-fait, & que le même inconvenient ſe manifeſte, quand on fait cette diſtance très grande. Dans l'un & l'autre cas, quand on dirige la lunette vers un objet quelconque, on n'en découvre qu'une très petite partie.

III. Par cette raiſon les artiſtes ſe ſervent de cette expédient, ils approchent ou éloignent la derniere paire de verres de la premiere, jusqu'à ce qu'ils découvrent le plus grand champ, & après avoir trouvé cette ſituation, ils y fixent les verres. Or ils ont obſervé que dans cet arrangement le plus avantageux, la diſtance de verres du milieu B C eſt toujours plus grande, que la ſomme des diſtances de foyer de ces deux verres B & C.

IV.

IV. V. A. jùgera aiſément que cette diſtance ne dépend point d'un pur hazard, mais qu'elle tire ſa détermination de la Théorie, & cela beaucoup plus exactement que par la ſeule expérience. Or c'eſt le devoir d'un Phyſicien de réchercher la cauſe de tous les Phénomènes que l'experience nous découvre. Je vais donc expoſer les vrais principes, qui nous fourniſſent la diſtance la plus avantageuſe B C entre les deux verres du milieu. Voyez la 2de figure à la *pag. 348.*

V. Puisque tous les rayons doivent être conduits à l'oeil, conſiderons la route du rayon, qui venant de l'extrêmité *o* de l'objet viſible, paſſe par le milieu A du verre objectif: car à moins que ce rayon ne ſoit conduit dans l'oeil, cette extrêmité *o* ne ſera pas viſible. Or ce rayon ne ſouffre aucune réfraction dans le verre objectif, parcequ'il paſſe par ſon milieu A, il continuera par conſéquent ſa route en ligne droite jusqu'au ſecond verre, quil rencontrera à ſon extrêmité *b*, puisque c'eſt le dernier rayon transmis par les verres.

VI. Ce rayon étant rompû par le ſecond verre changera de route, enſorte qu'il rencontrera quelque part en *n* l'axe des verres; cela arriveroit dans le foyer de ce verre, ſi auparavant le rayon A *b* avoit été parallele à l'axe; mais puisqu'il ſort du point A, ſa réunion avec l'axe en *n* ſera plus eloignée du verre B, que ſa diſtance de foyer.

VII.

VII. Maintenant il faut placer le troiſieme verre C enſorte, que le rayon, après avoir traverſé l'axe en *n*, rencontre le verre C préciſément dans ſon extrêmité *c*; d'où l'on voit que plus l'ouverture de ce verre C eſt grande, plus on le doit reculer du verre B, & plus la diſtance B C devient grande; mais de l'autre côté, il faut bien ſe garder d'éloigner le verre C au delà puisqu'alors le rayon lui échapperoit & ne ſeroit plus transmis par ce verre; c'eſt donc cette circonſtance, qui détermine la juſte diſtance entre les deux verres du milieu B C, conformement à l'experience.

VIII. Le troiſieme verre C produira une nouvelle réfraction dans nôtre rayon qui le doit conduire préciſement à l'extrêmité *d* du dernier oculaire D, lequel étant plus pétit, que le troiſieme C, la ligne *c d* ſera un peu convergente vers l'axe, & ainſi ſouffrira dans le dernir verre une telle réfraction, qu'il en eſt réuni avec l'axe à une moindre diſtance que ſon foyer; & c'eſt préciſément là qu'il faut placer l'oeil, pour récevoir tous les rayons transmis par les verres, & y découvrir le plus grand champ.

IX. Par ce moyen on eſt en état de nous procurer un champ, dont le diametre eſt presque deux fois plus grand, que dans les lunettes aſtronomiques, du même groſſiſſement. Ainſi par ces lunettes à quatre verres on obtient

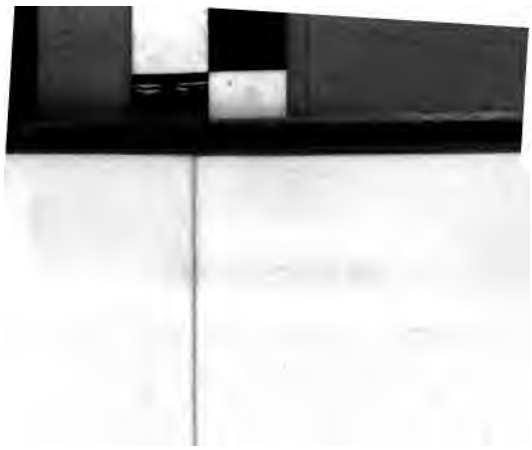


Fig. 1.

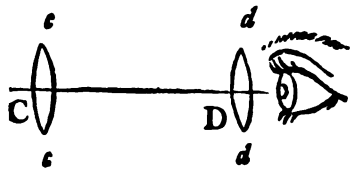
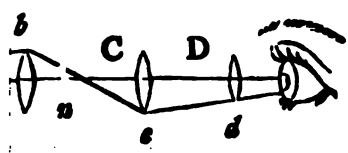
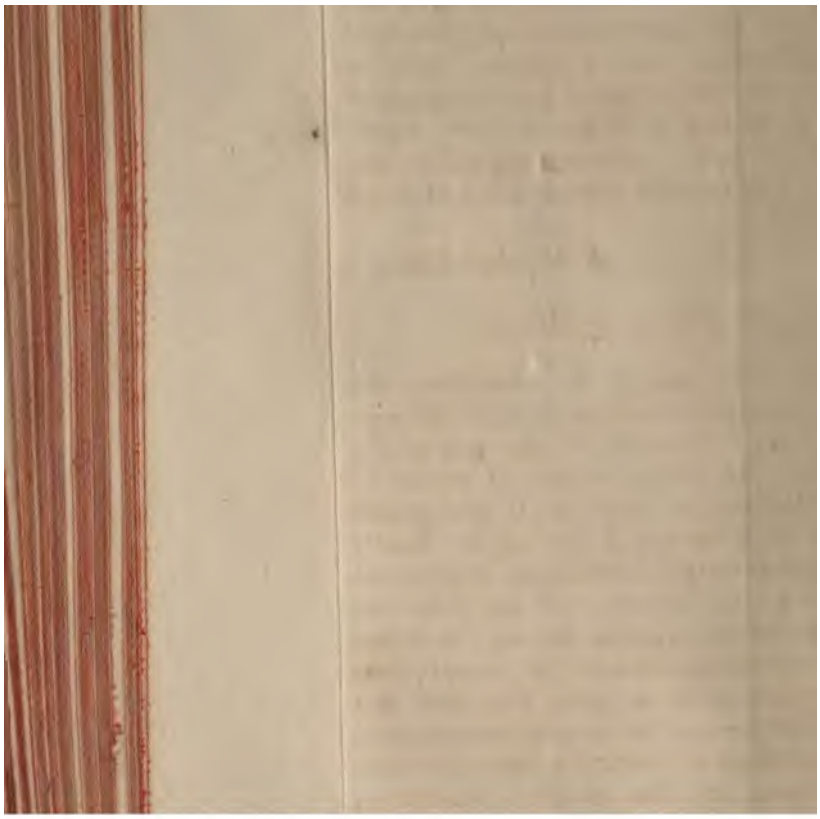


Fig. 2





tient, outre l'avantage que les objets ſont repréſentés debout, encore celui d'un plus grand champ; ce qui eſt d'une très grande conſéquence.

X. Enfin il eſt poſſible de trouver un tel arrangement entre ces quatre verres, que ſans porter aucune atteinte aux avantages, dont je viens de parler, les couleurs d'Iris s'évanouiſſent entierement & que les objets y ſont repréſentés avec la plus grande netteté. Mais peu d'Artiſtes ſont capables d'atteindre à ce dégré de perfection.

le 10 Avril 1762.

LETTRE CCXXIII.

Après ces récherches ſur la conſtruction des lunettes, je dois rendre compte à V. A. de quelques précautions très néceſſaires, qui quoiqu'elles ne regardent ni les verres mêmes, ni leur arrangement, ne laiſſent pas d'être de la plus grande importance, de ſorte que ſi l'on ne les obſerve pas très ſoigneuſement, la meilleure lunette devient tout-à-fait inutile. Il ne ſuffit pas d'arranger les verres de façon, que tous les rayons qui y tombent, ſoient transmis au travers de ces verres dans l'oeil, il faut outre cela empecher, que les rayons étrangers ne ſoient auſſi transmis par la lunette, afin qu'ils ne troublent point la répréſentation. Pour cet effet il faut prendre les précautions ſuivantes.

I. D'abord

I. D'abord les verres, dont une lunette eſt compoſée, doivent être enfermés dans un tuyau, afin que d'autres rayons, que ceux qui ſont transmis par l'objectif, ne puiſſent parvenir aux autres verres. Pour cet effet le tuyau doit être partout bien fermé, afin qu'aucune lumiere n'y puiſſe entrer par quelque fente. Si par quelque accident il arrive, que les tuyaux ſoient percé d'un trou, la lumiere étrangere qui y entre, étoufferoit la répréſentation des objets.

II. Il eſt auſſi fort important que l'interieur du tuyau ſoit partout bien noirci, & même d'un noir très foncé, puiſqu'on ſait que la couleur noire ne refléchit point de rayons, quelque forte que ſoit la lumiere qui y tombe. Auſſi V A. aura deja obſervé, que les tuyaux de lunettes ſont noircis en dedans. Une ſeule réflexion en fera voir la néceſſité. La figure ſe trouve à la *pag. 352.*

III. L'objectif ne transmêt pas ſeulement les rayons des objets que la lunette nous répréſente; mais auſſi ceux des côtés qui y entrent tout autour en grande abondance, tel eſt le rayon *h a* qui tombe en dedans ſur le parois du tuyau en *i*, donc, ſi le tuyau étoit en dedans blanc ou d'une autre couleur il en ſeroit éclairé, & engendreroit par lui même de nouveaux rayons de lumiere, qui ne manqueroient pas de traverſer les autres verres, & de troubler la viſion en ſe mêlant avec les propres rayons des objets.

IV.

IV. Mais ſi l'interieur du tuyau eſt teint d'un noir bien foncé, il ne s'y forme point de nouveaux rayons quelqu'eclairé qu'il puiſſe être. Cette noirceur eſt néceſſaire par toute la longueur du tuyau, puisqu'il n'y a point de noir ſi foncé, qui étant éclairé n'engendre quelque foible lumiere, & ainſi quand même quelques rayons étrangers paſſeroient par le ſecond verre B, le noir du tuyau ſuivant, les éteindroit aiſément tout-à-fait. On a auſſi un noir brillant, dont il faut bien ſe garder de ſe ſervir.

V. Mais ordinairement cette précaution n'eſt pas encore ſuffiſante, on eſt encore obligé de garnir l'interieur du tuyau d'une ou de quelques diaphragmes percés d'un petit trou, pour d'autant mieux arreter la fauſſe lumiere, mais il faut bien prendre garde, que ces diaphragmes n'excluent point les rayons des objets, que la lunette nous doit répréſenter. Voyez la figure 2me à la *pag. 352.*

VI. Il faut voir, où les propres rayons des objets ſe trouvent le plus retrecis dans le tuyau; or cela arrive dans le lieu où les images ſont répréſentées dans le tuyau; puisque là tous les rayons ſont réunis enſemble. Or le verre objectif A répréſente l'image dans ſon foyer en M, on n'a donc qu'à éſtimer la grandeur de cette image & y mettre une diaphragme dont le trou *m m* lui ſoit égal ou tant ſoit peu plus grand. Car ſi le trou étoit plus petit,

que

que l'image, on perdroit ſur le champ appa
rent, ce qui ſeroit un grand défaut.

VII. C'eſt donc ce qu'il y auroit à obſerver ſi
le diaphragme dans les lunettes aſtronomiqu
compoſées de deux verres convexes. Dans l
lunettes terreſtres il ſe trouvent deux imag
répréſen[illegible] tuyau ; Outre la pr
miere e[illegible]ntée par l'objectif dans ſ
foyer & [illegible]econd verre B transpor
à l'infi[illegible]ne verre C répréſente enco
une im[illegible] foyer N qui eſt debou
celle là, [illegible]erſée. C'eſt donc en
qu'il convien[illegible]placer encore un nouve
diaphragme [illegible] l'un trou n n de la gra
deur de l'image qui s'y trouve.

VIII. Ces diaphragmes avec le noir de l'int
rieur du tuyau produiſent auſſi un très b
effet dans la netteté de l'apparition. Cepe
dant il faut bien obſerver, que plus le cha
que la lunette decouvre, eſt grand, moins
pourra s'attendre à ces diaphragmes, puiſqu'alo
les images deviennent plus grandes, de ſo
que les trous des diaphragmes doivent ê
ſi grands, qu'ils ne ſauroient plus arrêter
faux ravons. Mais alors il faut d'aut
plus ſoigneuſement bien noircir l'interieur
tuyau, & le faire plus large, ce qui dimi
beaucoup l'effet facheux, dont je viens
parler.

le 13 Avril 1762.

LL

CCXXIII. Fig. 1.

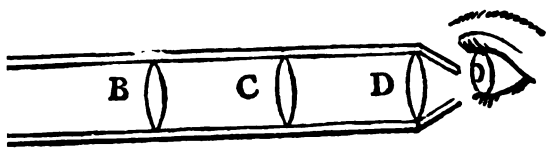
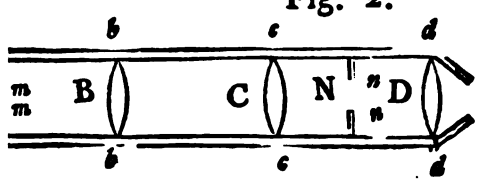
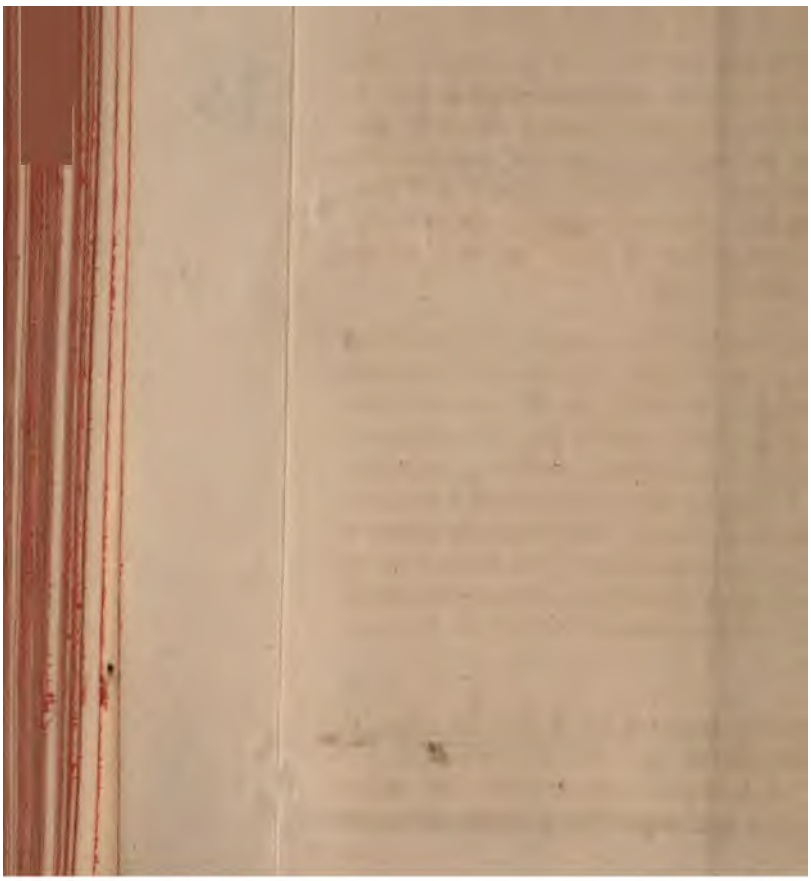


Fig. 2.





LETTRE CCXXIV.

Je ne doute pas que V. A. ne ſoit fort ſe de ſe voir enfin délivrée de la ſèche théorie es lunettes, qui n'a presque point d'autre agré- ent que celui de mener aux grandes décou- ertes, qu'on a faites par leur ſecours.

Qu'il eſt ſurprenant de voir les objets fort oignés auſſi bien, que s'ils nous étoient cent & luſieurs fois plus proches, ſurtout lorsqu'il nous ſt impoſſible de nous en approcher, comme ce la rrive par rapport aux objets celeſtes! & V. A. ombera aiſement d'accord, qu'à l'aide des lu- ettes on a du découvrir dans les étoiles des hoſes bien merveilleuſes.

A voir la lune cent fois plus proche qu'elle n'eſt ffectivement, on y obſervera des inégalités très urieuſes, comme des vallées & des hauteurs ex- eſſives qui reſſemblent plutôt par leur régularité des ouvrages conſtruits à deſſein, qu'à des nontagnes. D'ou l'on tire un argument bien fort, our prouver que la lune eſt habitée par des créatures aiſonnables; quoique la ſeule contemplation de a Toute-puiſſance jointe à la ſouveraine ſageſſe t bonté du créateur nous en fourniſſe de plus con- raincans.

De la même maniere on a fait les plus im- portantes découvertes ſur les planetes qui à la ſimple vûe ne paroiſſent que comme des points lumineux, mais qui regardées à travers de bonnes

lunettes reſſemblent à la lune, & paroiſſent même encore beaucoup plus grandes.

Par rapport aux étoiles fixes, V. A. ne ſera pas peu ſurpriſe, quand j'aurai l'honneur de l'aſſurer que même par la meilleure lunette, qui groſſit plus que 200 fois, ces étoiles ne laiſſent pas de nous paroitre comme des points, & même encore plus petites qu'à la vüe ſimple; ce qui eſt d'autant plus ſurprenant, qu'il eſt certain que la lunette nous les répréſente telles que nous les verrions, ſi nous en étions 200 fois plus près. N'en devroit on pas conclure que les lunettes perdent leur qualité à l'egard des etoiles fixes? mais cette penſée s'evanouit bientôt, quand on conſidere que les lunettes nous découvrent des millions de petites étoiles qui échapperoient entiérement aux yeux ſans leur ſecours. Auſſi voyons nous les intervalles qui ſe trouvent entre les étoiles incomparablement plus grands; & deux étoiles qui à la vüe ſimple, paroiſſent presque ſe toucher n'ont beſoin que d'être regardées à travers la lunette pour que l'on remarque entre elles une diſtance conſidérable, ce qui prouve ſuffiſament l'effet de la lunette.

Mais quelle eſt donc la raiſon qui fait que les étoiles fixes ainſi regardées nous paroiſſent encore plus petites qu'à la vüe ſimple? Pour répondre à cette queſtion, je remarque d'abord qu'à la vüe ſimple, les étoiles fixes nous paroiſſent plus grandes qu'elles ne devroient, & que

cela

cela vient d'une fauſſe lumiere qui s'y mêle, cauſée par leur éclat. En effet quand les rayons qui partent d'une étoile viennent en peindre l'image au fond de l'oeil ſur la retine, nos nerfs n'en ſont frappés que dans un point, mais par l'éclat de la lumiere, les nerfs voiſins en ſont auſſi ébranlés, & produiſent le même ſentiment que l'on éprouveroit ſi l'image de l'objet depeint ſur la retine, étoit beaucoup plus grande. Il en arrive autant, ſi nous regardons de nuit une lumiere fort éloignée. Elle nous paroit auſſi beaucoup plus grande, & même plus, que ſi nous la voyons de près : cet aggrandiſſement n'eſt cauſé que par une fauſſe lueur. Or plus une lunette groſſit, plus cet accident doit diminuer, tant parceque les rayons ſouffrent quelqu'affoibliſſement, que parceque la veritable image ſur le fond de l'oeil devient plus grande : de ſorte que ce n'eſt plus un ſeul point qui ſoutient toute l'impreſſion des rayons. Donc quelques petites que nous paroiſſent les étoiles à travers une lunette, on peut prononcer hardiment qu'à la vüe ſimple, elles nous paroitroient encore beaucoup plus petites, ſans la fauſſe lumiere accidentelle, & cela autant de fois que la lunette groſſit.

Delà il s'en ſuit que, puisque les étoiles fixes ne paroiſſent que comme des points, malgré qu'elles ſoient groſſies 200 fois, leur éloignement doit être exorbitant. Il ſera fort aiſé à V. A. de comprendre comment on peut eſtimer

diſtance. Le diametre du ſoleil nous paroit ſous un angle de 32 minutes: donc ſi le ſoleil é[loigné] 32 fois plus éloigné, il paroitroit ſous un [angle] d'une minute, & ainſi encore beaucoup [plus] grand qu'une étoile vûe par la lunette, [dont] le diametre n'excede pas deux ſecondes où [un] demi-minute. Il faudroit donc [donc] 30 fois plus, c'eſt-à-[dire] [éloig]né, avant qu'il ne nous [paroi]t qu'une étoile fixe ob-[ſervée] de la lunette. Or les [étoiles] ſont beaucoup plus éloignées de nous que [la] lunette [ne] repréſente, & conſequemment [le] ſoleil [doit] être 960 fois 960, c'eſt dire [192000] fois plus éloigné qu'il n'eſt avant qu'il ne nous paroiſſe plus grand qu'une étoile fixe. Par conſequent ſi les étoiles fixes étoient des corps auſſi grands que le ſoleil, leurs diſtances ſeroient 192000 fois plus grandes que celle du ſoleil: ſi elles étoient encore plus grandes, leurs diſtances devroient être encore autant de fois plus grandes, & en les ſuppoſant même pluſieurs fois plus petites, leurs diſtances devroient toujours être plus de mille fois plus grandes que celle du ſoleil. Or la diſtance du ſoleil eſt environ de 15000000 milles d'Allemagne.

V. A. ne pourra ſans doute concevoir ſans le plus grand étonnement cette diſtance prodigieuſe des étoiles fixes & l'étendue entiere du monde. Quelle doit être la puiſſance de celui qui a crée cette immenſité, & qui en eſt le maitre

maitre abſolu? Adorons-le avec la plus profonde ſoumiſſion.

le 17 Avril 1762.

LETTRE CCXXV.

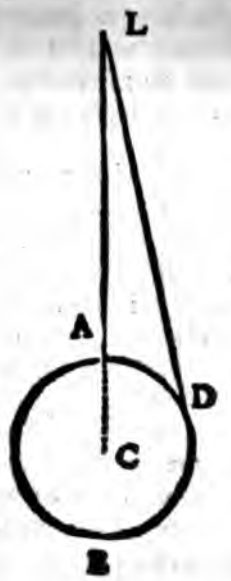
V. A. aura ſans doute deja remarqué que lorsque la lune ſe leve, où ſe couche, elle nous paroit beaucoup plus grande, que lorsqu'elle ſe trouve au haut du ciel: & tout le monde convient de ce phénomene. On fait la même obſervation par rapport au ſoleil. Cette apparence a toujours embaraſſé les philoſophes, & de quelque maniere qu'on l'enviſage, on rencontre des difficultés presqu'inſurmontables.

Il ſeroit ſans doute ridicule de vouloir en conclure que le corps de la lune eſt en effet plus grand, lorsqu'elle paroit dans l'horizon que lorsqu'elle eſt plus élevée. Car outre qu'une telle penſée ſeroit abſurde en elle même, il faut conſiderer que quand la lune nous paroit à l'horizon, elle paroit à d'autres habitans de la terre plus élevée & ainſi plus petite. Or il eſt certainement impoſſible que le même corps ſoit en même tems plus grand & auſſi plus petit.

Une maniere presque auſſi ridicule d'expliquer cet étrange phénomene, ſeroit de ſuppoſer que la lune nous fût alors plus proche lorsqu'elle nous paroitroit dans l'horizon, que quand elle ſeroit fort élevée,

puis qu'il eſt certain que le même corp
paroît d'autant plus grand qu'il eſt plus
de nous, & V. A. ſait que plus un mê
jet eſt éloigné de nous, plus il nous paro
C'eſt préciſement par cette raiſon que
les nous paroiſſent ſi extremement petites
que leur véritable grandeur ſoit prodigie

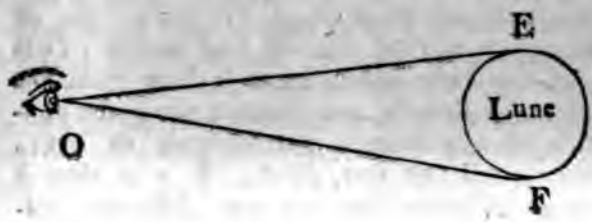
Mais toute probable que ſemble cett
elle ne ſauroit avoir lieu. Il eſt plutôt
que la lune eſt même un peu plus éloig
nous, lorsqu'elle ſe leve ou ſe couche, qu
qu'elle eſt plus elevée: en voici la demon



Soit le cercle A B D la terre, & que la lune ſe trouve en L. Cela poſé un habitant en A verra la lune dans ſon zenith, ou au plus haut point du ciel. Or un autre habitant en D, où la ligne D L friſe la ſurface de la terre, vera la lune en même tems dans ſon horizon, de ſorte qu'en même tems la lune paroitra au ſpectateur A dans ſon zenith, & à l'autre ſpectateur D dans ſon horizon. Mais il eſt clair que la derniere diſtance D L eſt plus grande que la premiere A L, & par conſequent la lune eſt plus eloignée de ceux qui la voyent à l'horizon, que de ceux qui la voyent près de leur zenith. Delà il s'en ſuit ouvertement, que la lune étant vûe à l'horizon devroit nous paroitre plus petite puisqu'elle eſt effectivement plus éloignée de nous, que lorsqu'elle eſt fort élevée. Il y a donc à s'étonner d'autant plus que nous obſervons préciſément le contraire, & que la lune nous paroit même beaucoup plus grande, quand nous la voyons près de l'horizon, qu'au milieu du ciel.

Ainſi plus on approfondit ce phénomene, plus on le trouve étrange, & plus il mérite notre attention: puisqu'il eſt certain que la lune à l'horizon devroit nous paroitre plus petite, étant en effet plus éloignée, & que cependant tout le monde ſoutient unanimement que la lune paroit alors conſidérablement plus grande. Cette contradiction eſt évidente, & ſemble même renverſer tous les principes établis dans l'optique, qui neanmoins ſont auſſi bien démontrés que ceux de la geometrie.

Je crois avoir mis dans tout ſon jour l'embarras où nous nous trouvons à cet égard, pour faire d'autant mieux ſentir à V. A. l'importance du véritable dénouement de cette grande difficulté. D'abord ſans entrer dans l'examen de ce jugement général de tous les hommes ſur la prodigieuſe grandeur de la lune dans l'horizon, je m'arrêterai à la queſtion principale : s'il eſt auſſi vrai que la lune étant proche de l'horizon, nous paroit effectivement plus grande ?



V. A. ſait qu'on a des moyens très ſurs de meſurer éxactement les diamétres des corps celeſtes, en aſſignant le nombre des dégrés & des minutes qu'ils occupent dans le ciel : ou ce qui revient au même, en meſurent, l'angle EOF que forment les lignes EO & FO tirées des bouts oppoſés de la lune, à l'oeil du ſpectateur O ; & cet angle EOF eſt ce qu'on nomme le diametre apparent de la lune. On a auſſi des inſtrumens très propres à déterminer exactement cet angle ; or quand on s'en ſert pour meſurer le diametre de la lune, d'abord à ſon lever & enſuite lorsqu'elle eſt montée bien haut dans

dans le ciel, on trouve effectivement ſon diamétre un peu plus petit dans le premier cas que dans l'autre tout comme l'inégalité des diſtances l'exige. Sur cet article il n'y a aucun doute à former; mais par la même raiſon notre difficulté au lieu de diminuer, augmente plutôt, & l'on demandera avec d'autant plus d'empreſſement, pourquoi donc tout le monde juge-t-il la lune à ſon lever & à ſon coucher plus grande, nonobſtant que ſon diamétre apparent eſt alors effectivement plus petit? & quelle eſt la raiſon de cet ébloüiſſement général auquel tous les hommes, ſans en excepter aucun, ſont aſſujettis? L'Aſtronome qui ſait parfaitement bien que le diamétre apparent de la lune eſt alors plus petit, en eſt la dupe auſſi bien que le payſan le plus ignorant.

le 20 Avril 1762.

LETTRE CCXXVI.

V. A. n'auroit pas cru que la ſimple apparition de la lune fût aſſujettie à tant de difficultés; mais j'eſpere les applanir toutes par les réflections ſuivantes.

I. D'abord il n'eſt pas étonnant, que nôtre jugement ſur la grandeur des objets ne ſoit pas d'accord avec l'angle viſuel ſous lequel nous les voyons: l'experience journaliére nous en fournit aſſés de preuves. Par exemple un chât devant moi ſe préſente ſous un angle plus grand qu'un

boeuf à la diſtance de 100 pas. Cependant je ne m'aviſerai pas de juger le chât plus grand que le boeuf: & V. A. ſe ſouviendra encore que notre jugement ſur la grandeur des choſes eſt toujours très intimement lié avec celui de la diſtance; de ſorte que ſi nous nous trompons dans l'eſtime de la diſtance, notre jugement ſur la grandeur en devient néceſſairement faux.

II. Pour mieux éclaircir ceci, il arrive quelque fois qu'une mouche paſſant ſubitement devant nos yeux, ſans que nous y penſions, ſi notre vûe eſt fixée ſur des objets éloignés, nous imaginons d'abord que la mouche eſt fort éloignée de nous, & puiſqu'elle nous paroit ſous un angle aſſes conſidérable, nous la prénons au premier inſtant pour une aigle ou un autre gros oiſeau qui dans l'éloignement nous paroitroit ſous le même angle. Il eſt donc inconteſtablement certain que notre jugement ſur la grandeur des objets ne ſe regle point ſur l'angle viſuel, ſous lequel ils ſont vûs, & qu'il y a une très grande difference entre la grandeur apparente des objets & la grandeur jugée ou eſtimée: la premiere ſe regle ſur l'angle viſuel, mais l'autre dépend de la diſtance, à la quelle nous jugeons que les objets ſont éloignés.

III. Pour profiter de cette remarque, j'obſerve d'abord que nous ne devrions pas dire, que nous voyons la lune plus grande à l'horizon, qu'à quelque hauteur conſidérable. Cela eſt abſolument

faux

faux, & nous la voyons même tant ſoit peu plus petite. Mais pour parler exactement, il faut dire que nous jugeons & eſtimons la lune plus grande, lorsqu'elle ſe trouve dans l'horizon: & cela eſt vrai au pied de la lettre, du conſentement unanime de tout le monde. Cette remarque ſuffit pour diſſiper la contradiction rapportée ci-deſſus; & rien n'empêche que la lune à ſon lever ou à ſon coucher ne puiſſe être jugée ou eſtimée plus grande, quoiqu'elle ſoit vûe ſous un angle plus petit.

IV. Il ne s'agit donc plus d'expliquer pourquoi nous voyons la lune plus grande à l'horizon? ce qui ſeroit ſans doute impoſſible, attendu qu'elle nous paroit effectivement plus petite, comme on peut le prouver par la meſure de l'angle viſuel. Mais toute la difficulté ſe réduit maintenant à cette queſtion: pourquoi jugeons-nous ou eſtimons-nous alors la lune plus grande? ou bien il faut rendre raiſon de cette eſtime bizarre. La choſe n'eſt plus ſurprénante en elle même, puisque nous connoiſſons mille cas, où nous jugeons des objets fort grands, malgré que nous les voyons ſous de très petits angles.

V. Or il n'eſt plus difficile de répondre à cette queſtion. Nous n'avons qu'à dire, que lorsque la lune ſe leve ou ſe couche, nous la jugeons plus éloignée de nous, que lorsqu'elle eſt montée à une certaine hauteur. Dès qu'on convient de cette eſtime, quelle qu'en puiſſe être

la

la cauſe, il s'en ſuit néceſſairement que nous devons auſſi juger la lune d'autant plus grande. Car toujours, plus nous eſtimons éloigné un objet, plus nous l'eſtimons grand, & cela préciſément dans le même rapport. Dès que je m'imagine par quelqu'illuſion que ce ſoit, que la mouche [illegible] nt mes yeux ſe trouve à la diſtar [illegible], je ſuis obligé, presque ma [illegible] ger autant de fois plus grande q [illegible] ſſent la veritable diſtance de la m [illegible] x.

VI. [illegible] réduits à une nouvelle queſtion: [illegible] ns nous la lune plus éloignée de [illegible] qu'elle ſe trouve dans l'horizon? & pourquoi cette illuſion eſt-elle ſi générale, que perſonne n'en eſt exempt? car c'eſt une illuſion bien étrange de s'imaginer que la lune ſoit alors beaucoup plus éloignée de nous. Il eſt bien vrai qu'alors la lune eſt en effet un peu plus éloignée, comme je l'ai fait voir dans ma lettre précedente, mais la différence eſt ſi petite qu'elle ne ſauroit être ſenſible. Outre cela le ſoleil, quoiqu'il ſoit 100 fois plus éloigné que la lune, ne nous paroit pas plus éloigné, & notre vüe rapporte même les étoiles fixes presqu'à la même diſtance.

VII. Ainſi quoique la lune étant à l'horizon ſoit effectivement un peu plus éloignée, cette circonſtance n'entre pour rien dans la queſtion préſente, & cette eſtime univerſelle par laquelle

tout

tout le monde juge alors la lune plus éloignée, qu'elle ne l'eſt réellement, doit être fondée ſur des raiſons tout à fait différentes, capables d'eblouir tout le monde. Car puiſque cette eſtime eſt indubitablement fauſſe, il faut que les raiſons qui nous y déterminent, ſoient bien frappantes.

VIII. Pour expliquer ce phénoméne, pourquoi nous eſtimons la lune plus éloignée en la voyant dans l'horizon, pluſieurs philoſophes ont ſoutenû que la raiſon en étoit, parceque nous découvrons alors beaucoup d'objets entre nous & la lune, comme des villes, des villages, des forets & des montagnes, ce qui eſt cauſe, ſelon eux, que la lune nous paroit alors beaucoup plus éloignée; au lieu que lorsqu'elle eſt fort élevée, nous n'obſervons aucun corps entre nous & elle, & ainſi diſent ils, elle doit nous paroitre plus proche. Mais cette explication quelqu'ingénieuſe qu'elle ſemble au premier coup d'oeil, ne ſauroit être admiſe. On n'a qu'à regarder la lune dans l'horizon par quelque trou qui nous cache les objets intermédiaires; elle ne laiſſe pas de nous paroitre plus grande. Outre cela il n'eſt pas vrai non plus que nous eſtimions toujours plus éloignés, les objets, entre les quels nous découvrons pluſieurs autres corps. Une grande ſalle, par exemple, tout à fait vuide nous paroit ordinairement plus étendüe, que ſi elle eſt remplie de monde, malgré la quantité d'objets que nous voyons alors entre nous & les murailles.

le 24 Avril 1762.

LET-

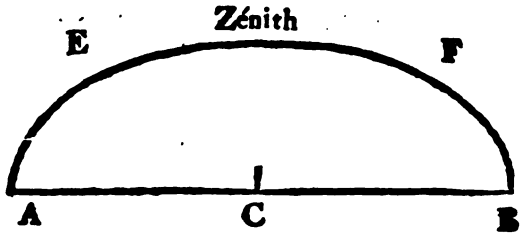
LETTRE CCXXVII.

Nous voila donc encore fort éloignés de l'explication de cette illuſion univerſelle par laquelle tous les hommes, ſans en excepter aucun, jugent la lune beaucoup plus grande lorsqu'elle paroit dans l'horizon, que lorsqu'elle eſt fort elevée. J'ai déjà remarqué que ce phénomene eſt d'autant plus bizarre, que le diamétre apparent de la lune eſt alors même tant ſoit peu plus petit: de ſorte qu'on devroit dire que nous ne voyons pas alors la lune plus grande, mais que nous la jugeons plus grande.

Auſſi ai-je obſervé que très ſouvent notre jugement differe beaucoup de la viſion même. Nous ne laiſſons pas, par exemple, de juger un cheval éloigné de 100 pas plus grand qu'un chien à la diſtance d'un pas; quoique la grandeur apparente du chien ſoit ſans contredit plus grande, ou bien ce qui revient au même, quoiqu'au fond de l'oeil l'image du chien qui y eſt dépeinte, ſoit plus grande que celle du cheval. Dans ces cas notre jugement a égard à la diſtance, & comme nous jugeons le cheval beaucoup plus éloigné que le chien, c'eſt la véritable raiſon pour la quelle nous le jugeons auſſi plus grand.

Il eſt donc très vraiſemblable qu'une pareille circonſtance a lieu dans la viſion de la lune, & que nous jugeons la lune dans l'horizon, plus éloignée que lorsqu'elle eſt fort élevée. Dans l'exem-

l'exemple du cheval, ce jugement de la diſtance étoit fondé ſur la vérité, mais ici, comme il eſt abſolument faux, c'eſt une illuſion fort étrange qui doit pourtant avoir un certain fondement, puisque tout le monde en convient, & qu'on ne ſauroit l'attribuer à un pur caprice. Quel ſera ce fondement? c'eſt de quoi je vais entretenir V. A.

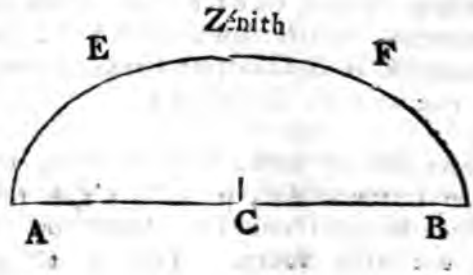


I. D'abord tout le monde ſe repréſente le bleu du ciel comme une voute applatie dont le ſommet nous eſt beaucoup plus proche, que le bas ou elle ſe confond avec l'horizon. Ainſi, un homme placé ſur une pleine A B qui s'étend auſſi loin que ſa vûe, apperçoit la voute du ciel, qu'on nomme communément firmament, ſous la figure A E F B, où les diſtances C A & C B ſont beaucoup plus grandes que celle du Zénith à C.

II. Cette idée eſt auſſi, ſans contredit, une illuſion fort groſſiére, puisqu'il n'y a rien au deſſùs de nous qui ſoit borné ou fermé par une telle voute. Tout y eſt plutôt vuide,

vuide, & l'étendüe de ce vuide eſt immenſe, puiſqu'il va juſqu'aux étoiles fixes les plus éloignées, dont la diſtance ſurpaſſe toute la force de notre imagination. Que V. A. me pardonne ce mot *Vuide*, dont je me ſers pour l'oppoſer aux corps groſſiers terreſtres. Car en effet près de la terre c'eſt notre atmoſphere qui occupe l'eſpace, & plus loin c'eſt cette matiere beaucoup plus ſubtile, qu'on nomme *l'Ether*.

III. Cependant quelqu'imaginaire que ſoit en elle même cette voute, elle eſt très réelle dans notre imagination, & tous les hommes, les ſavans auſſi bien que les idiots, ſont également dupes ſur cet article-là. C'eſt presqu'à la ſurface de cette voute que nous nous repréſentons le ſoleil & la lune avec toutes les étoiles, comme ſi c'étoient des clous brillans qui y fuſſent attachés, & malgré la connoiſſance que nous avons du contraire, nous ne ſaurions nous empêcher de nous livrer à cette fauſſe illuſion.



IV.

IV. Cela posé, lorsque la lune se trouve à l'horizon, nous la rapportons dans notre imagination au point A ou B de la dite voute imaginaire, & c'est par là que nous estimons alors sa distance d'autant plus grande, que nous jugeons être la ligne CA ou CB plus grande que CZ. Mais quand la lune en montant s'approche du Zenith, nous l'estimons s'approcher de nous : & si elle atteignoit le Zenith, nous jugerions alors sa distance la plus petite.

V. Cette illusion sur la distance entraine nécessairement l'autre sur la grandeur. Puisque la lune étant raportée en A nous paroit beaucoup plus éloignée de C, que si elle étoit dans le Zenith, nous sommes en quelque maniere forcés d'en conclure que la lune même est d'autant plus grande ; & cela dans la même raison que la distance CA nous paroit surpasser la distance CZ. Peut-être que tous les hommes ne seront pas trop d'accord sur cette proportion ; l'un dira que la lune à l'horizon lui paroit deux fois plus grande, un autre trois fois, & la plûpart se déclareront pour quelque milieu entre deux & trois ; mais pour la chose meme, tous se reüniront.

VI. A cette occasion il sera à propos de remettre sous les yeux de V. A. la démonstration de cette conséquence : comment le jugement de la grandeur est une suite nécessaire de l'estime de la distance.

Quand la lune eſt près de l'horizon, nous la voyons ſous un certain angle, lequel ſoit MCA, le ſpectateur étant en C: & quand elle eſt fort élevée, ſoit NCD l'angle ſous lequel nous la voyons. Or il eſt très certain que ces deux angles MCA & NCD ſont bien à peu près égaux entr'eux, la différence étant inſenſible.

VII. Mais dans le premier cas, puisque nous eſtimons la lune beaucoup plus éloignée, en la rapportant à la voute imaginaire décrite ci-deſſus, ſoit à la ligne CA cette diſtance imaginaire de la lune, & de là il s'enſuit que nous eſtimons le diametre de la lune égale à la ligne MA. Mais dans l'autre cas la diſtance de la lune CD nous paroit beaucoup plus petite, & par conſequent puisque l'angle NCD eſt égal à MCA, la grandeur eſtimée DN ſera auſſi beaucoup plus petite que AM.

VIII. Pour ne laiſſer ſur ce-ci aucun doute, on n'a qu'à couper les lignes C*d*, C*n* égales aux lignes, CD & CN & puisque dans les deux triangles

triangles C*d n* & CDN les angles en C ſont égaux, les triangles mêmes le ſont auſſi, & par conſequent la ligne DN ſera égale à *d n*; Or *d n* eſt viſiblement plus petite que AM & cela autant de fois que la diſtance *c d* ou CD eſt plus petite que CA. V. A. comprend donc clairement la raiſon qui nous fait eſtimer la lune à l'horizon plus grande que près du Zenith.

le 27 Avril 1762.

LETTRE CCXXVIII.

V. A. me reprochera ſans doute, que je viens d'expliquer une illuſion par une autre qui n'eſt pas moins bizarre: Elle m'objectera que la voûte imaginaire du ciel eſt auſſi inconcevable que l'aggrandiſſement apparent de la lune & des autres aſtres près de l'horizon. Cette objection n'eſt que trop bien fondée, & il eſt de mon devoir d'expliquer à V. A. la véritable raiſon de ce que le ciel nous paroit ſous la forme d'une voute applatie par le haut. Je vais tâcher de m'en acquiter par les réflexions ſuivantes.

I. Pour rendre raiſon de cette voute imaginaire, on eſt obligé de dire que cela vient, de ce que les objets celeſtes, que nous voyons près de l'horizon, nous paroiſſent plus éloignés que ceux que nous voyons près du Zenith; & c'eſt ſans doute une pétition de principe très formelle, que les logiciens ont droit de

rejetter, comme un vice insupportable dans nos raisonnemens. En effet après avoir dit plus haut que la voute imaginaire du ciel est la cause qui nous fait paroître la lune à l'horizon plus éloignée que près du Zenith, il seroit à présent ridicule de dire, que ce qui nous fait imaginer cette voute, est que les objets horizontaux nous paroissent plus éloignés que les verticaux.

II. Il n'etoit cependant pas inutile de parler de cette voute imaginaire, quoique nous n'en soyons pas plus avancés pour cela: & quand j'aurai expliqué pourquoi les objets celestes nous paroissent plus éloignés lorsque nous les voyons près de l'horizon, V. A. comprendra en même tems la raison de cette double illusion universelle, dont l'une est l'aggrandissement apparent des astres dans l'horizon, & l'autre la voute applatie du ciel.

III. Tout revient donc à expliquer, pourquoi les objets celestes vûs à l'horizon nous paroissent plus éloignés que lorsqu'ils se trouvent à quelque hauteur considérable: je dis maintenant que la raison en est, parceque ces objets nous paroissent moins brillans: ce qui m'impose une double tâche, qui est de montrer, pourquoi ces objets brillent avec moins d'eclat vers l'horizon: & ensuite d'expliquer comme cette circonstance entraine nécessairement le jugement d'une plus grande distance. J'espere remplir l'une & l'autre à la satisfaction de V. A.

IV.

IV. D'abord le phénoméne lui même ne ſauroit être révoqué en doute. Quelque grand que ſoit l'éclat du ſoleil vers midi, de ſorte que perſonne ne ſauroit y diriger ſes yeux, V. A. ſait que le matin & le ſoir lorsque le ſoleil ſe léve ou ſe couche, on peut le regarder ſans riſque d'en avoir la vûe incommodée; & la même choſe arrive par rapport à la lune & à toutes les étoiles, dont l'éclat eſt extrémement affoibli dans le voiſinage de l'horizon. Auſſi ne voit-on pas même les plus petites étoiles quand elles ne ſont qu'un peu élevées au deſſus de l'horizon, pendant qu'on les voit aſſés diſtinctement lorsqu'elles ſont parvenües à quelque hauteur conſidérable.

V. Ce fait étant ſuffiſamment conſtaté, il s'agit de découvrir la cauſe de cet affoibliſſement de lumiere. Il eſt aſſés clair que nous ne ſaurions la chercher que dans la nature de notre atmoſphére, ou de l'air qui environne la terre, en tant qu'il n'eſt pas parfaitement transparent. Car ſi l'air étoit parfaitement transparent, de ſorte que tous les rayons y fuſſent transmis ſans ſouffrir aucune diminution, il n'y a aucun doute que les étoiles devroient toujours briller avec le même éclat, en quelque lieu du ciel qu'elles ſe trouvaſſent.

VI. Or l'air, outre qu'il eſt une matiére beaucoup moins deliée & moins ſubtile que l'ether, dont la transparence eſt parfaite, eſt auſſi

toujours chargé de particules hétérogénes qui s'y élévent de la terre, comme les exhalaiſons & les vapeurs, & qui ſont nuiſibles à ſa transparence : en ſorte que ſi quelque rayon rencontre une telle particule, il en eſt intercepté & presqu'éteint, Auſſi il eſt évident que plus l'air eſt chargé de ces particules qui ſont des obſtacles à la transmiſſion de la lumiere, plus les rayons doivent s'y perdre & V. A. ſait qu'un brouillard fort épais dépouille l'air presque de toute ſa transparence ; de ſorte que ſouvent on ne ſauroit plus diſtinguer les objets à la diſtance de trois pas.

VII Que les points marqués dans cette figure répréſentent de telles parcelles parſemées dans l'air, dont le nombre eſt tantôt plus, tantôt moins grand, ſelon que l'air eſt plus ou moins ſerein. Il eſt donc évident que pluſieurs rayons qui traverſent cet eſpace doivent ſe perdre, & que la perte ſera d'autant plus grande, que le trajet qu'il ont à parcourir par cet air, ſera grand. Ainſi nous voyons que dans un brouillard, les objets éloignés deviennent inviſibles, pendant que ceux qui ſont fort près de l'oeil ſont encore appercus ; la raiſon en eſt parceque les rayons des pre-

premiers rencontrent dans leur chemin un plus grand nombre de parcelles qui les arrêtent.

VIII. Delà il faut conclure que, plus le trajet que les rayons des aſtres ont à faire dans l'atmoſphére pour parvenir à nous yeux eſt long, plus leur perte ou affoibliſſement doit en devenir conſidérable. V. A. n'aura plus là deſſus le moindre doute. Il reſte donc ſimplement à prouver que les rayons des étoiles, que nous voyons près de notre horizon, ont un chemin beaucoup plus long à parcourir dans notre atmoſphére, que lorsqu'elles ſe trouvent plus près de notre zenith. Par là V. A comprendra la véritable raiſon, pourquoi les aſtres près de l'horizon à leur lever & à leur coucher, paroiſſent beaucoup moins brillants. Ce ſera le ſujet de ma lettre prochaine.

le 1 Mai 1762.

LETTRE CCXXIX.

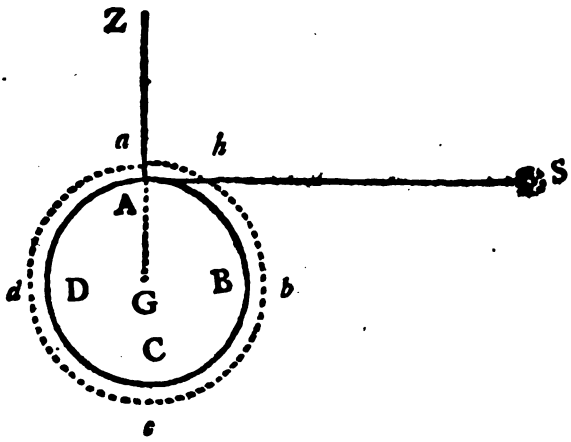
Peut être ce que je viens d'avancer, que les rayons des aſtres qui ſe trouvent à l'horizon ont un chemin plus long à parcourir dans notre atmoſphére, paroitra bien paradoxe à V. A. attendû que l'atmoſphére s'étend par tout à la même hauteur, de ſorte qu'en quelque lieu que ſe trouve une étoile, ſes rayons doivent toujours pénétrer par toute ſa hauteur avant que de par-

venir à nos yeux. Mais j'espere que les réflexions suivantes dissiperont tous les doutes.

I. D'abord il faut se former une juste idée de l'atmosphére qui environne la terre. Pour cet effet le cercle interieur A B C D représente la terre même, & l'extérieur ponctué *a b c d* termine l'atmosphére. Il faut remarquer que par tout à mesure que l'air s'éléve au dessus de la surface de la terre, il devient de plus en plus subtil & rare; de sorte qu'il se perd enfin insensiblement avec l'éther qui remplit tous les espaces celestes.

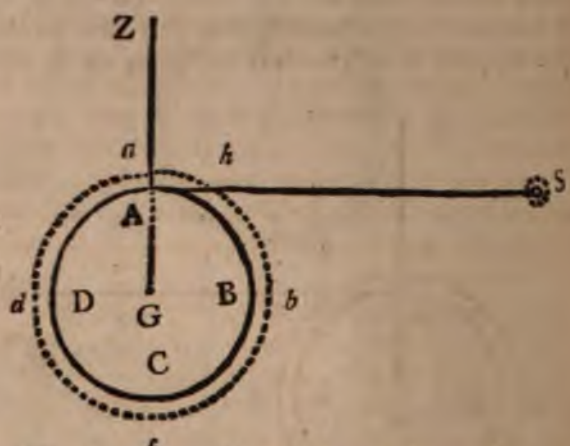
II. L'air le plus grossier, celui qui est le plus chargé des parcelles qui éteignent les rayons de lumiere, se trouve par tout en bas près de la surface de la terre. Delà en montant il devient de plus en plus rare, & ainsi moins nuisible à la lumiere; & à la hauteur d'un mille d'allemagne il est déja si subtil qu'il n'y sauroit plus causer de perte sensible à la lumiere. On peut

peut donc fixer la diſtance entre le cercle intérieur & l'extérieur environ d'une mille d'allemagne, tandis que le demi diamétre de la terre même en contient environ 860: de ſorte que la hauteur de l'atmoſphére eſt fort peu de choſe par rapport à la grandeur du globe de la terre.



III Conſiderons maintenant un ſpectateur en A ſur la ſurface de la terre; & tirant du centre de la terre G par A la ligne G Z, elle ſera dirigée vers le Zenith de notre ſpectateur. La ligne A S, qui y eſt perpendiculaire & qui touche la terre, ſera pour le ſpectateur horizontale. Conſequemment, une étoile en Z ſera vûe dans le Zenith ou au ſommet du ciel, or une étoile en S paroitra dans l'horizon à ſon lever ou à ſon coucher. Rien n'empêche que nous ne regardions l'une ou

l'autre étoile comme infiniment éloignée de la terre, quoique je n'aie pu l'exprimer dans la figure.



IV. A préſent V. A. n'a qu'à jetter les yeux ſur la figure, pour voir que les rayons partant de S ont un trajet beaucoup plus long à faire dans l'atmoſphére, que ceux de l'étoile Z, avant d'atteindre le ſpectateur en A. Les rayons de l'étoile Z ont ſeulement à traverſer la hauteur de l'atmoſphére *a* A qui eſt environ d'un mille, au lieu que les rayons de l'étoile S doivent parcourir tout le chemin *h* A qui eſt viſiblement beaucoup plus long; & ſi la figure pouvoit mieux répondre à la vérité, de ſorte que le rayon G A fût 860 fois plus long que la hauteur A *a*, on verroit que la diſtance A *h* ſurpaſſeroit 40 milles.

V.

V. Auſſi eſt il bon de remarquer que les rayons de l'étoile Z n'ont qu'un très petit eſpace à parcourir par la baſſe atmoſphére, qui eſt la plus chargée de vapeurs, au lieu que les rayons de l'étoile S ont un trajet très conſidérable à faire par cette partie baſſe de l'atmoſphére, & ſont obligés presque de ramper, pour ainſi dire, ſur la ſurface de la terre. D'où il eſt très naturel de conclure que les rayons de l'étoile en Z ne ſouffrent prèsqu'aucun affoibliſſement, tandis que ceux de l'étoile S doivent être presqu'éteints à cauſe du grand trajet qu'ils ont à parcourir dans l'air groſſier.

VI. Il eſt donc inconteſtablement prouvé, que les aſtres que nous voions à l'horizon doivent paroitre avec un éclat extremement affoibli. Maintenant V. A. comprendra fort aiſément pourquoi nous pouvons fixer les yeux ſur le ſoleil levant ou couchant, ſans qu'ils en ſoient incommodés, au lieu qu'à midi, lorsque le ſoleil eſt haut, ſon éclat nous eſt inſupportable. Or c'eſt le premier article que je m'étois propoſé de démontrer: il ne me reſte actuellement qu'à prouver l'autre: ſçavoir que le même affoibliſſement de lumiere nous force presqu'à nous imaginer comme ſi les corps celeſtes étoient alors beaucoup plus éloignés de nous, que ſi nous les voions dans leur plein éclat.

VII. Or il en faut chercher la raiſon dans les objets terreſtres que nous voions tous les jours, & ſur la diſtance desquels nous formons un jugement. Mais par la même raiſon que les rayons

en

en paſſant par l'air, ſouffrent quelqu'affoibliſſement, il eſt clair que plus un objet eſt éloigné de nous, plus il perd de ſa clarté ou plus il nous paroit obſcur. Ainſi une montagne ſort éloignée nous paroit très ſombre, mais ſi au contraire nous nous en approchons aſſez, nous y diſtinguons facilement les arbres, ce qui n'eſt pas poſſible dans un grand éloignement.

VIII. Cette obſervation ſi générale qui ne nous trompe jamais dans les objets terreſtres, a produit en nous depuis notre premiere jeuneſſe ce principe fondamental par lequel nous jugeons tous les objets d'autant plus éloignés, que les rayons qui nous en viennent ont été affoiblis. C'eſt donc en vertu de ce principe que nous eſtimons la lune à ſon lever ou à ſon coucher beaucoup plus éloignée de nous, que quand elle a déja atteint une hauteur conſidérable; & par cette même raiſon nous la jugeons auſſi d'autant plus grande. Je me flatte que V. A. trouvera ces raiſons parfaitement bien fondées, & ce phénomene bizarre auſſi bien éclairci qu'il eſt poſſible.

le 4 Mai 1762.

LETTRE CCXXX.

Le principe de notre imagination, par le quel je viens d'expliquer ce phenoméne tout-à-fait bizarre, qui nous fait eſtimer la lune beaucoup plus grande près de l'horizon qu'au milieu du ciel, ce principe, dis-je, eſt tellement enraciné dans notre eſprit, qu'il eſt la ſource de mille autres illuſions, dont je me contenterai de mettre quelques unes ſous les yeux de V. A.

Depuis

Depuis notre jeuneſſe, nous nous ſentons entrainés comme malgré nous, à juger les objets d'autant plus éloignés, que leur éclat eſt affoibli: & d'un autre coté les objets fort brillans nous paroiſſent plus proche, qu'ils ne le ſont. Cette illuſion ne vient ſans doute que d'une imagination peu reglée, qui nous mene très ſouvent à faux. Néanmoins elle nous eſt ſi naturelle & en même tems, elle eſt ſi univerſelle qu'il n'y a perſonne qui ſoit le maitre de s'en garantir, quoique l'erreur, où elle nous précipite, ſoit ſouvent très manifeſte, comme j'ai eu l'honneur de le faire remarquer à V. A. par rapport à la lune: mais nous ſommes également trompés en quantité d'autres occaſions, dont je vais developper quelques unes.

I. C'eſt une illuſion fort connüe, que de nuit le feu d'une incendie nous paroit beaucoup plus proche qu'il n'eſt effectivement. La raiſon en eſt bien claire: c'eſt que le feu brille avec un très grand éclat, & ſelon le principe établi de notre imagination nous l'eſtimons toujours plus près qu'il n'eſt.

II. De la même maniere, une grande ſale dont les parois ſont bien blanchis, nous paroit toujours moins grande. V. A. ſait que la couleur blanche eſt la plus brillante: donc nous eſtimons les murailles de cette ſale trop proches de nous, & par conſéquent l'étendüe apparente de la ſale en eſt diminuée.

III. Or dans une ſale dont les murailles ſont couvertes de drap noir, comme c'eſt l'uſage dans

dans les grands deüils, nous éprouvons un effet entierement contraire. Alors une telle chambre nous paroit beaucoup plus ſpacieuſe qu'elle n'eſt effectivement: le noir eſt ſans doute la couleur la plus ſombre, attendu qu'elle ne renvoie presqu'aucune lumiere dans nos yeux; & par cette raiſon, il nous ſemble que les parois noirs ſont beaucoup plus éloignés de nous qu'il ne le ſont en effet. Ainſi qu'on couvre de toile noire les murailles d'une chambre, elle paroitra plus grande; & au contraire qu'on les faſſe bien blanchir, la chambre paroitra plus petite.

IV. Mais ce ſont les peintres qui ſavent le mieux profiter de cette illuſion ſi naturelle & ſi commune à tous les hommes. V. A. ſait que le même tableau nous répréſente des objets, dont quelques uns nous paroiſſent extrémement éloignés, pendant que d'autres nous ſemble fort proches; & c'eſt en quoi conſiſte la plus grande reſſource d'un habile peintre. Il eſt ſans doute bien ſurprenant que, malgré que nous ſachions très certainement que toutes les répréſentations d'un tableau ſont exprimées ſur la même ſurface, & ainſi à peu près à une égale diſtance de nos yeux, nous n'en ſoyons pas moins trompés & que nous jugions les unes fort loin, les autres fort près. On attribue communement cette illuſion à un adroit mêlange de lumiere & d'ombre, lequel fournit ſans doute aux peintres les plus grands ſecours. Mais V. A. n'a qu'à conſidérer un tel tableau, pour

pour s'appercevoir que les objets qui doivent nous paroitre fort éloignés, ſont exprimés très foiblement & aſſes indiſtinctement. Ainſi quand nous portons notre vüe ſur des objets fort éloignés, nous appercevons bien, par ex. des perſonnes en gros, mais ſans que nous puiſſions en diſtinguer les yeux, ni le nez, ni la bouche; & c'eſt conformément à cette apparence que le peintre répréſente ces objets. Quant à ceux que nous devons eſtimer fort près de nous, le peintre leur donne les plus vives couleurs, & prend la peine d'y exprimer ſoigneuſement toutes les minuties. Si ce ſont des perſones; nous y diſtinguons les moindres linéamens du viſage, les plis de l'habit &c. alors une telle répréſentation ſemble pour ainſi dire ſortir hors du tableau, tandis que d'autres y paroiſſent enfoncées & réculées fort loin.

V. C'eſt donc uniquement ſur cette illuſion que tout l'art de la peinture eſt fondé. Si nous étions accoutumés à juger ſelon la vérité, cet art tout entier ne ſauroit plus avoir lieu, non plus que ſi nous étions aveugles. Le peintre auroit beau faire valoir toute ſon adreſſe dans le mêlange des couleurs, nous dirions, voilà ſur cette table, ici une tache rouge, là une bleüe, ici un trait noir, là quelques lignes blanchâtres: tout ſe trouve ſur la même ſurface, il n'y a nulle part ni enfoncement, ni élévation, & ainſi aucun objet réel ne ſauroit être répréſenté de cette maniere: on ne ſauroit alors le regarder autrement que comme

comme on regarde une écriture ſur le papier & l'on ſe fatigueroit peut être inutilement à vouloir déviner la ſignification de toutes les taches diverſement colorées. Dans un tel état de perfection, ne ſerions nous pas auſſi fort à plaindre d'être privés des plaiſirs que nous procure tous les jours un art à la fois ſi amuſant & ſi inſtructif.

le 8 Mai 1762.

LETTRE CCXXXI.

V. A. vient de comprendre la cauſe de cette illuſion par la quelle la lune, auſſi bien que le ſoleil, nous paroit beaucoup plus grande dans l'horizon, qu'à une hauteur conſidérable; c'eſt parceque nous eſtimons alors ces corps plus éloignés de nous, & la raiſon de cette eſtime eſt fondée ſur ce que leur lumiere ſouffre alors un affoiblissement conſidérable, par le long trajet qu'elle doit faire à travers l'atmoſpére dans la baſſe région qui eſt la plus chargée de vapeurs & d'autres exhalaiſons qui diminuent la transparence. C'eſt à quoi ſe réduiſent toutes les réflexions que j'ai eu l'honneur de propoſer à V. A. ſur ce ſujet.

Cette qualité de l'air qui en diminüe la transparence, pourroit être regardée comme un défaut au premier coup d'oeil: Mais ſi nous en conſidérons les ſuites, nous trouvons que, bien loin que ce ſoit un défaut, nous devons plutôt y reconnoitre la ſageſſe & la bonté infinie du

créateur. C'eſt d'abord à cette impureté de l'air que nous ſommes redevables de ce ſpectacle merveilleux & raviſſant que nous offre le bleu du ciel. Car les particules opaques qui arrêtent les rayons de lumiére, en ſont éclairées, & nous renvoient enſuite leurs propres rayons produits dans leur ſurface, par un trémouſſement violent, tout comme il arrive dans tous les corps opaques. Or le nombre de vibrations qu'elles reçoivent eſt tel qu'il nous repréſente le plus beau bleu. Cette circonſtance mérite bien que je la développe clairement.

I. D'abord j'obſerve que ces particules ſont extrememement petites & fort éloignées entre elles, outre qu'elles ſont très déliées, & presque tout-à-fait transparentes. Delà vient que chacune ſéparément n'eſt pas abſolument perceptible, & à moins qu'un très grand nombre de ces particules n'envoie ſes raions à la fois & presque ſelon la même direction dans nos yeux, nous ne ſaurions en être affectés. Il faut donc que les rayons de pluſieurs ſe reuniſſent, pour qu'ils excitent une ſenſation.

II. Delà il ſuit clairement que celles de ces particules qui nous ſont proches échappent à nos ſens, puisqu'il faut les conſidérer comme des points rarement diſperſés par la maſſe de l'air.

Mais celles qui ſont fort éloignées de l'œil, comme les poi … c. reüniſſent dans l'œil pre que ſelon … irection, leurs rayons, qui par là, devienne… forts pour frapper notre vûe, ſurtout quand … conſidére que de ſemblables particules … oignées *e*, *f*, *g*, *h*, ainſi que d'autres plus … s, concourent à produire cet effet.

III. La couleur … ne que nous voyons dans le ciel, lorqu'il eſt … érein, n'eſt donc autre choſe que le réſultat de toutes ces particules diſperſées dans l'atmoſphére, & principalement de celles qui ſont fort éloignées de nous; & ainſi on peut bien dire que toutes ces particules ſont bleües de leur nature, mais d'un bleu extremement clair, qui ne devient aſſés foncé & ſenſible, que lorſqu'elles ſont en très grand nombre, & qu'elles joignent enſemble leurs rayons ſelon la même direction.

IV. L'art peut produire un effet ſemblable. On n'a qu'à diſſoudre une petite quantité d'indigo dans une grande quantité d'eau; alors en laiſſant tomber cette eau par gouttes, on n'y remarque par la moindre teinture, & ſi l'on en verſe dans un petit gobelet, on n'y verra qu'une couleur

couleur bleuâtre très foible. Mais ſi l'on en remplit un grand vaiſſeau, & qu'on le regarde de loin, on y obſerve un bleu très foncé. La même expérience peut ſe faire auſſi avec d'autres couleurs. C'eſt ainſi que le vin de bourgogne en très petite quantité, paroit à peine un peu rougeâtre, & que ſi l'on regarde une grande phiole qui en ſoit remplie, la couleur rouge paroitra bien foncée.

V. Toute eau, lorſqu'un grand & profond baſſin en eſt rempli, paroit toujours avoir une certaine couleur, quoiqu'une petite quantité ſoit tout à fait claire & limpide. Ordinairement cette couleur eſt verdâtre plus ou moins; ce qui fait dire que les dernieres particules de l'eau ſont verdâtres, mais d'une couleur extrêmement affoiblie; de ſorte qu'il en faut regarder un gros volume, avant de s'en appercevoir, puiſqu'alors les raions de pluſieurs particules ſe joignent enſemble pour produire le même effet.

VI. Comme il paroit probable, par cette obſervation, que les dernieres particules de l'eau ſont verdâtres, on pourroit ſoutenir que la même raiſon par laquelle la mer, ou l'eau d'un lac & d'un étang, nous paroiſſent vertes, eſt auſſi celle par la quelle le ciel nous paroit bleu. Car il eſt plus vraiſemblable que toutes les particules de l'air ayent une légére teinture de bleu, mais qui ſoit ſi foible, qu'elle ne devienne viſible que quand on regarde une maſſe immenſe, comme

toute l'étendue de l'atmoſphére, qu'il ne faut attribuer cette couleur aux vapeurs qui voltigent dans l'air & qui n'y appartiennent pas.

VII. En effet, plus l'air eſt pur & dégagé d'exhalaiſons, plus le bleu du ciel a de l'éclat; ce qui prouve ſuffiſamment, qu'il faut en chercher la raiſon dans les particules propres de l'air. D'autres matiéres étrangeres qui ſe mêlent avec l'air, comme les exhalaiſons, deviennent au contraire nuiſibles à ce beau bleu, & ne ſont qu'en altérer extrêmement l'éclat. Lorsque de telles vapeurs chargent trop l'air, elles cauſent ici bas des broüillards & nous dérobent entiérement le ſpectacle de la couleur bleüe; ſi elles ſont plus élevées, comme cela arrive ordinairement, il s'en forme des nuages qui couvrent ſouvent le ciel tout entier, & nous offrent une toute autre couleur que ce bleu de l'air pur, c'eſt donc une nouvelle qualité de l'air, outre celle de la ſubtilité, de la fluidité & de l'élaſticité que j'ai eu déjà l'honneur de propoſer à V. A. c'eſt à dire que les dernieres particules qui conſtituent l'air, ſont bleuatres de leur nature.

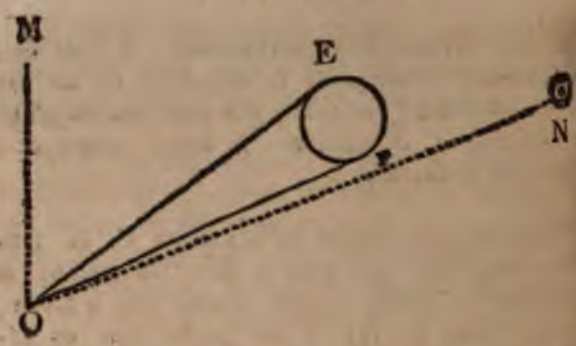
le 11 Mai 1762.

LETTRE CCXXXII.

Sur cette teinture de l'air qui nous environne, ſans laquelle nous ne jouirions pas de ce beau ſpectacle du bleu du ciel, je remarque de plus que

ıe nous ſerions bien malheureux, ſi l'air étoit rfaitement transparent & dépouillé de ces par-ıules bleuâtres; de ſorte que nous devons plutôt reconnoître & admirer la bonté infinie & la geſſe du créateur.

Pour en convaincre parfaitement V. A. ſup-ɔſons que l'air ſoit tout à fait transparent & mblable à l'éther, lequel, comme nous le ſavons, ansmet tous les rayons des étoiles ſans en ar-ter aucun & ne contient point de telles particules ıi ſoient elles mêmes éclairées par les rayons, tendu qu'une telle particule ne ſauroit être lairée, ſans intercepter quelques rayons qui y mbent. Si l'air ſe trouvoit dans un pareil at, tous les rayons du ſoleil le traverſeroient rrement, & aucune lumiere n'en ſeroit ren-yée dans nos yeux: nous ne recevrions d'au-s rayons que ceux qui viennent immédiatement ſoleil. Par conſéquent tout le ciel, excepté lieu où eſt le ſoleil, nous paroitroit tout à it obſcur, & au lieu de ce beau bleu brillant, ſi us regardions en haut, nous n'y découvririons l'un noir très foncé & une nuit la plus obſcure.



La figure ci-jointe répréſente le ſoleil ; & le point O eſt un ſpectateur dont l'oeil ne recevroit d'autres rayons d'en haut que du ſoleil, de ſorte que toute la clarté ſeroit renfermée dans le petit angle E O F. En portant ſa vüe vers une autre région du ciel comme vers M on n'en recevroit aucun rayon, & il en ſeroit de même que ſi l'on regardoit dans un lieu entierement obſcur ; Or tout endroit qui n'envoie point des rayons de lumiére, eſt noir. Je fais ici abſtraction des étoiles dont le ciel eſt rempli ; car en dirigeant l'oeil vers M, rien n'empêche que les rayons des étoiles qui ſe trouvent dans cette région, n'entrent dans l'oeil, & même ces rayons auroient d'autant plus de force, qu'ils ne ſouffriroient aucun affoibliſſement par l'atmoſphére, telle que je viens de la ſuppoſer. On verroit donc toutes les étoiles en plein jour, auſſi bien que dans la nuit la plus obſcure ; mais il faut conſidérer que tout ce plein jour ſe réduiroit au ſeul petit

angle

ngle EOF, tout le reſte du ciel étant auſſi bſcur que la nuit.

Cependant tout près du ſoleil, les étoiles n:n, ſeroient inviſibles, & nous ne verions point ar exemple, l'étoile N; puiſqu'en la regardant, otre œil recevroit en même tems les rayons du oleil, desquels il ſeroit ſi vivement frappé que a foible lumiére de l'étoile n'y ſauroit exciter le ſenſations. Je ne parle pas de l'impoſſibilité qu'il y auroit à tenir l'œil ouvert, en voulant egarder vers N; cela eſt trop ſenſible pour ne pas être entendu.

Mais en oppoſant au ſoleil un corps opaque qui en interceptât les rayons, on ne manqueroit pas de voir l'étoile N quelque proche qu'elle ſoit du ſoleil: V. A. comprendra aiſément dans quel triſte état nous nous trouverions alors. Ce voiſinage du plus grand éclat & des ténébres les plus ſombres bleſſeroit notre vûe, au point que nous en deviendrions d'abord aveugles. On peut en juger par l'incommodité que nous reſſentons en paſſant ſubitement d'un lieu obſcur dans un autre fort éclairé.

C'eſt donc à ce grand inconvenient que rémedie la nature de l'air, en tant qu'il contient des particules tant ſoit peu opaques & ſuſceptibles d'illumination. Alors dès que le ſoleil ſe ve au deſſùs de l'horizon, & même déjà un eu auparavant, toute l'atmoſphére en devient

éclairée & nous préſente ce beau bleu, dont j'ai eu l'honneur de parler à V. A. de ſorte que nos yeux, quelque part que nous les dirigions, en reçoivent quantité de rayons engendrés dans les mêmes particules. Ainſi dans la figure précédente, en regardant vers M nous y appercevons une très grande clarté; ou bien ce brillant bleu du ciel.

C'eſt cette même clarté qui nous empeche de voir les étoiles pendant le jour: & la raiſon en eſt évidente. Cette clarté ſurpaſſe de beaucoup de fois celle des étoiles, & une moindre s'évanouit auprès d'une autre beaucoup plus grande; car les nerfs de la rétine au fond de l'oeil étant déjà frappés par une lumiére très forte, ne ſauroient plus être ſenſibles à la foible impreſſion des étoiles.

V. A. n'a qu'à ſe rappeller que le clair de la pleine lune eſt déjà plus de 300000 fois moindre que celui du ſoleil, pour ſe convaincre que la clarté qui nous vient des ſeules étoiles n'eſt rien en comparaiſon de celle du ſoleil. Or la ſeule clarté du ciel pendant le jour eſt déjà ſi éclatante que, quoique le ſoleil ſoit couvert, elle ſurpaſſe encore pluſieurs mille fois celle de la pleine lune.

V. A. aura déjà remarqué que même de nuit, lorsque la lune eſt pleine, les étoiles paroiſſent beaucoup moins brillantes, & qu'on n'en voit que

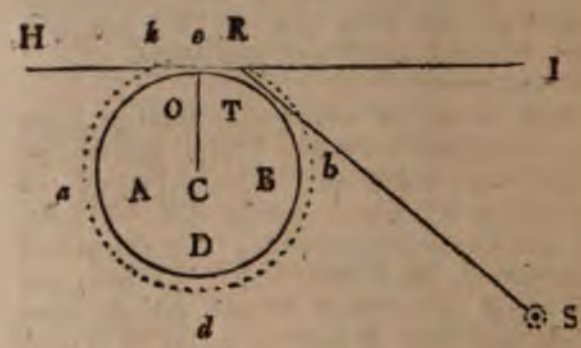
que les plus grandes, ſurtout dans le voiſinage de la lune, de ſorte que toujours une plus grande lumiére étouffe une plus foible.

Auſſi eſt ce un très grand avantage, que notre atmoſphére commence à être éclairée par le ſoleil avant même qu'il ſe léve, parceque cela nous diſpoſe à ſoutenir enſuite ſon vif éclat, qui nous ſeroit inſupportable, ſi le changement de la nuit au jour étoit ſubit. Le tems, pendant lequel l'atmoſphére devient éclairée avant le lever du ſoleil, & conſerve encore de la clarté après le coucher du ſoleil, s'appelle crépuſcule, comme c'eſt un ſujet, dont la conſidération eſt de quelqu'importance, je me propoſe d'en entretenir plus amplement V. A. C'eſt ainſi qu'un article de phyſique en entraine un autre.

le 15 Mai 1762.

LETTRE CCXXXIII.

Pour expliquer la cauſe des crépuſcules, ou de cette clarté du ciel, tant avant le lever qu'après le coucher du ſoleil, V. A. n'a qu'à ſe rappeller ce que j'ai eû déjà l'honneur de lui dire touchant l'horizon & l'atmoſphére.



Que le cercle AOBD répreſente la terre, & le cercle ponctué *aobd* l'atmoſphére : conſiderons un lieu ſur la terre O par laquelle on tire une ligne droite HORI qui touche la terre en O, & cette ligne HI répréſentera l'horizon qui ſépare la partie du ciel qui nous eſt viſible de celle qui eſt inviſible. Donc dès que le ſoleil atteint cette ligne, il paroit dans l'horizon ou en ſe levant ou en ſe couchant, & alors auſſi toute l'atmoſphére en eſt éclairée. Mais ſuppoſons que le ſoleil, avant que de ſe lever ſe trouve encore au deſſous de la terre en S; d'où le rayon STR friſant la terre en T, puiſſe atteindre le point de l'atmoſphére ſitué dans notre horizon, & les particules opaques qui s'y trouvent en ſeront déjà éclairées, & parconſéquent nous deviendront viſibles. Ainſi quelque tems déjà avant le lever du ſoleil, l'atmoſphére *ho*R ſur

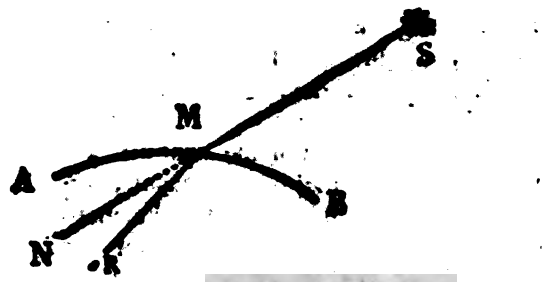
ſur notre horizon commence à être éclairée en R, & à meſure que le ſoleil s'approche de l'horizon une plus grande partie en ſera éclairée juſqu'à ce qu'elle devienne tout-à-fait lumineuſe.

Cette conſideration me conduit à un autre phénomene non moins intéreſſant, qui lui eſt très étroitement lié, c'eſt que l'atmoſphére produit encore cet effet-ci par le quel nous voyons tant le ſoleil que les autres aſtres quelque tems avant qu'ils ſe levent au deſſus de notre horizon, & encore quelque tems après leur coucher. La raiſon de ce phénomene eſt la réfraction que les rayons ſouffrent en paſſant de l'ethér pur dans l'air groſſier qui conſtitue notre atmoſphére; je vais en donner l'explication.

I. D'abord les rayons de lumiere ne continuent leur route en ligne droite, qu'entant qu'ils ſe meuvent dans un milieu transparent de la même nature. Dès qu'ils paſſent d'un milieu dans un autre, ils ſont détournés de leur route rectiligne, & leur chemin devient comme rompu; c'eſt ce qu'on nomme la réfraction dont j'ai eu l'honneur d'entretenir aſſés long-tems V. A. en expliquant comment les rayons, en paſſant de l'air dans le verre, & ainſi réciproquement, ſouffrent une réfraction.

II. Or l'ether & l'air étant auſſi deux milieux différens, lorsqu'un rayon paſſe de l'éther dans l'air, il faut néceſſairement qu'il éprouve quelque réfraction.

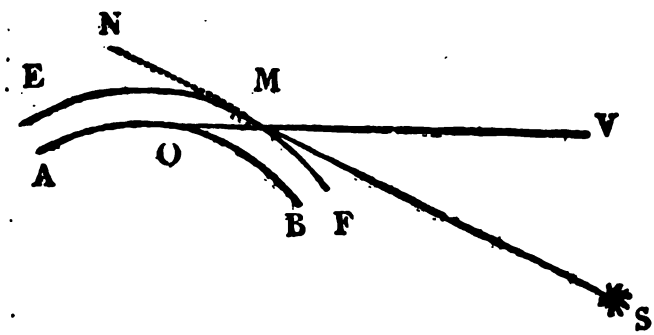
Ainſi



Ainſi l'arc de ce cercle A M B terminant notre atmoſphére en haut, ſi un rayon de lumiére M S de l'éther y tombe en M, il ne continuera pas ſa route ſuivant la même ligne droite M N, mais en entrant dans l'air, il prendra une autre route M R un peu différente de M N & l'angle N M R eſt nommé l'angle de réfraction ou ſimplement la réfraction.

III. J'ai déjà remarqué que cette réfraction eſt d'autant plus grande, que le rayon S M tombe plus obliquement ſur la ſurface de l'atmoſphére, ou que l'angle B M S eſt plus petit ou plus aigu. Car ſi le rayon S M tomboit perpendiculairement ſur la ſurface de l'atmoſphére, ou que l'angle B M S fut droit, alors il n'y auroit point de réfraction, mais le rayon continueroit ſa route ſelon la même ligne droite. Cette regle eſt générale dans toutes les réfractions, de quelque nature que ſoient les deux milieux que les rayons traverſent.

IV.



IV. Que l'arc de cercle AOB répréſente la ſurface de la terre, & que l'arc E M F termine l'atmoſphére. Donc ſi l'on tire en O la ligne O M V qui touche la ſurface de la terre en O, elle ſera horizontale. Maintenant que le ſoleil ſe trouve encore au deſſous de l'horizon en S, de ſorte qu'il nous ſeroit encore inviſible, puiſqu'aucun de ſes rayons ne pourroit arriver juſqu'à nous en ligne droite & que le rayon S M étant continué en ligne droite paſſeroit au deſſus de nous en N. Mais comme il tombe en M ſur l'atmoſpére, & cela très obliquement, l'angle F M S étant très petit, il y ſouffrira une réfraction aſſés conſiderable & au lieu de paſſer en N il pourra parvenir préciſement en O, de ſorte que le ſoleil nous ſoit déjà viſible quoiqu'il ſe trouve encore actuellement au deſſous de l'horizon ou bien, ce qui revient au même au deſſous de la ligne horizontale O M V.

V.

V. Cependant parceque le rayon MO qui entre dans nos yeux eſt horizontal, nous rapportons dans notre jugement le ſoleil à la même direction, & nous nous imaginons qu'il ſe trouve en V, ou bien dans l'horizon, uoiquil ſoit actuellement au deſſous de l'horizon. Auſſi réciproquement toutes les fois que nous voyons le ſoleil ou tout autre aſtre dans l'horizon, nous devons juger qu'il s'y trouve actuellement au deſſous ſelon l'angle SMV que les aſtronomes ont obſervé être environ d'un demi dégré, ou plus exactement de 32 minutes.

VI. Donc le matin, nous voyons déjà le ſoleil avant qu'il atteigne notre horizon, lorsqu'il eſt encore déprimé ſous l'horizon d'un angle de 32 minutes; & le ſoir il nous paroit plus long tems qu'à ſon vrai coucher; puiſque nous le voyons encore juſqu'à ce qu'il ſoit deſcendu à un angle de 32 minutes. On nomme vrai lever ou coucher du ſoleil, lorsqu'il ſe trouve actuellement dans l'horizon, mais lorsqu'il commence à paroitre le matin ou à diſparoitre le ſoir, c'eſt le lever ou coucher apparent.

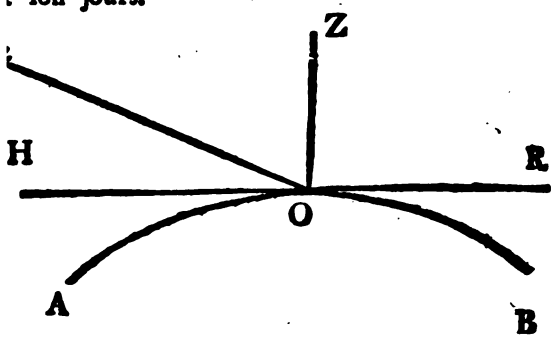
VII. Cette réfraction de l'atmoſphére, qui fait que le lever apparent du ſoleil précede ſon véritable coucher, cette réfraction, disje, nous procure cet avantage de joüir de jours plus longs qu'ils ne le ſeroient ſans cet effet de l'atmoſphére. Voilà donc l'explication d'un phénoméne bien important.

le 18 Mai 1762.

LET-

LETTRE CCXXXIV.

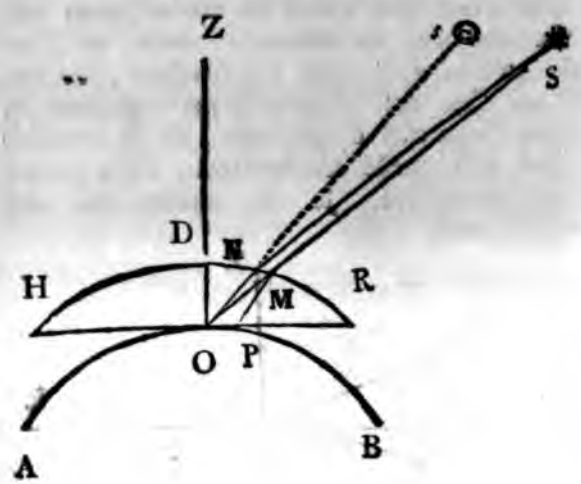
V. A. vient de comprendre un effet bien ulier de notre atmoſphé e, par lequel nous ons le ſoleil & tous les autres corps céleſtes ı l'horizon, quand ils ſe trouvent encore actuelent plongés au deſſous, & qu'ils nous ſeroient ılument inviſibles ſans la réfraction de l'atphére. C'eſt auſſi par la même raiſon que oleil, ainſi que toutes les étoiles, nous paent toujours plus élevées au deſſus de l'hon qu'elles ne le ſont effectivement; ce qui que l'on doit ſoigneuſement diſtinguer la teur apparente d'une étoile, de ſa veritable teur à la quelle elle paroitroit, s'il n'y avoit ıt d'atmoſphére. Je vais mettre ceci dans t ſon jours.



Que l'arc AOB ſoit une partie de la ſurface e la terre, & O le lieu où nous nous trouons, par le quel on tire une ligne droite HOR ui touche la ſurface de la terre, & cette ligne HOR nous indiquera le veritable horizon.

On

Ou bien qu'on érige en O verticalement la ligne droite OZ qui eſt la même qu'un fil ſuſpendu & chargé d'un poids indiqué. Cette ligne eſt nommée ici verticale, & le point du ciel Z auquel elle aboutit porte le nom de Zenith. Or cette ligne OZ eſt perpendiculaire ſur l'horizontale HOR, de ſorte que l'une étant connue on peut aiſément déterminer l'autre.



II. Cela poſé ſoit une éſoile en S, & s'il n'y avoit point d'atmoſphere, le rayon SMO paſſeroit en ligne droite à l'oeil O, & nous la verrions dans la même direction OMS, où elle ſe trouve actuellement, ou bien nous la verrions dans ſon véritable lieu. Alors on

méſure l'angle SOR que fait le rayon SO avec l'horizon OR, & cet angle eſt nommé la hauteur de l'étoile ou ſon élévation au deſſus de l'horizon. Ou bien on meſure l'angle SOZ que fait le rayon SO avec la ligne verticale OZ dirigée vers le zénith, & puiſque l'angle ZOR eſt droit, ou de 90 dégrés on n'a qu'à ſouſtraire l'angle SOZ de 90 dégrés, pour avoir l'angle SOR qui donne la véritable hauteur de l'étoile.

III. Tenons maintenant compte de l'atmoſphére que je ſuppoſe terminée par l'arc HDNMR, & je remarque d'abord que le rayon précédent de l'étoile SM en entrant en M dans l'atmoſphére, ne continue pas ſa route vers l'oeil en O, mais qu'à cauſe de la réfraction, il prendra un autre chemin, comme MP & n'entrera point par conſéquent dans nos yeux; de ſorte que ſi l'étoile ne lançoit que ce ſeul rayon SM vers la terre, elle nous ſeroit abſolument inviſible. Or il faut conſidérer que chaque point lumineux darde ſes rayons en tout ſens, desquels tout l'eſpace eſt rempli.

IV. Parmi tous les autres rayons il ſe trouvera donc quelqu'un comme SN, qui en haut dans l'atmoſphére en N y eſt rompu ou réfracté, en ſorte que ſa continuation NO paſſe préciſément à l'oeil O. Le rayon réfracté NO ne ſe trouve donc pas en ligne droite avec le rayon SM, & ſi l'on continue NO vers *s* la continuation N*s* ſera un angle avec le rayon

NS, savoir l'angle SNr qui est le même qu'on nomme la réfraction, & qui est d'autant plus grand, que l'angle SNR, sous lequel le rayon SN entre dans l'atmosphère, est plus aigu, comme je l'ai remarqué dans la lettre précédente.

V. Par conséquent c'est à présent le rayon NO qui dépeint dans nos yeux l'image de l'étoile S & qui nous la rend visible, & comme ce rayon nous vient dans la direction NO, tout comme si l'étoile s'y trouvoit, nous jugeons aussi actuellement l'étoile située dans la direction NO, ou bien dans sa continuation quelque part en *s*. Ce lieu *s* étant different du véritable S, on nomme *s* le lieu apparent de l'étoile, qu'il faut bien distinguer du véritable lieu S où nous verrions l'étoile s'il n'y avoit point d'atmospére.

VI. Maintenant, puisque nous voyons l'étoile par le rayon NO, l'angle NOR que fait ce rayon NO avec l'horizon, est la hauteur apparente de l'étoile; & quand on mesure, par le moyen des instrumens propres à cette opération, l'angle NOR, on dit qu'on a trouvé la hauteur apparente de l'étoile; la hauteur véritable étant, comme nous venons de le voir, l'angle ROS.

VII. Delà il est évident que la hauteur apparente RON est plus grande que la hauteur véritable

véritable ROM de ſorte que les étoiles nous paroiſſent plus élévées au deſſus de l'horizon qu'elle ne le ſont en effet, & que cela arrive par la méme raiſon, que les étoiles nous paroiſſent déjà dans l'horizon, quand elles ſont encore au deſſous. Or l'exces dont la hauteur apparente ſurpaſſe la véritable, eſt l'angle MON qui ne différe pas de l'angle S.N*s* qu'on nomme la réfraction. Car quoique l'angle S N*s* comme étant l'externe au triangle S N O ſoit égal aux deux internes oppoſés SON & NSO pris enſemble, il faut conſidérer qu'à cauſe du terrible éloignement des étoiles, les lignes OS & NS ſont paralleles, & conſequemment l'angle O S N s'évanouit, de ſorte que l'angle SON eſt prèsque égal à l'angle de réfraction S N*s*.

VIII. Ayant donc trouvé la hauteur apparente d'une étoile, il en faut rétrancher la réfraction pour avoir ſa véritable hauteur qu'il n'eſt pas poſſible de connoitre autrement que par ce moyen. Pour cet effet les aſtronomes ſe ſont donnés beaucoup de peine afin de découvrir exactement la réfraction qu'il faut rétrancher de chaque hauteur apparente, ou dont il faut baiſſer d'avantage le lieu apparent de l'étoile pour avoir ſon véritable.

IX. Après une longue ſuite d'obſervations ils ont enfin dreſſé une table, qu'on nomme la table de réfraction, qui marque pour chaque hauteur apparente la réfraction ou l'angle qu'il faut

t en rétrancher. Ainſi lorsque la hauteur apparente eſt nulle, ou que l'étoile paroit dans l'horizon, la réfraction eſt de 32 minutes dont il faut baiſſer l'étoile ſous l'horizon. Mais pour peu que l'étoile paroiſſe élevée au deſſus de l'horizon, la réfraction devient beaucoup moindre. A la hauteur de 15 dégres la réfraction n'eſt plus que de 4 minutes, à la hauteur de 40 dégres elle n'eſt que d'une minute, & pour des plus grandes hauteurs, la réfraction devient de plus en plus petite, jusqu'à ce qu'elle s'évanouiſſe entierement à la hauteur de 90 dégrés.

X. Cela arrive lorsqu'une étoile eſt vûe dans le zénith même; car alors ſa hauteur eſt de 90 dégrés, & la hauteur véritable eſt la même que l'apparente. Ou bien nous ſommes aſſurés qu'une étoile que nous voyons dans le zenith s'y trouve actuellement, & que la réfraction de l'atmoſphére n'en change point la place, comme il arrive dans toutes les autres ſituations.

FIN.